fisioterapia

descripción de las técnicas y tratamiento

A. Hüter-Becker

H. Schewe

W. Heipertz

EDITORIAL PAIDOTRIBO

Fisioterapia

Descripción de las técnicas y tratamiento

Por:

A. Hüter-Becker, H. Schewe
W. Heipertz.

GOBIERNO AUTÓNOMO DE LA RIOJA
D. G. DE CULTURA
BIBLIOTECA PÚBLICA
CONSEJERÍA DE CULTURA, DEPORTE Y JUVENTUD

12.142.672

EDITORIAL PAIDOTRIBO

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorizacion escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamos públicos.

Título original de la obra: *Physiotherapie*, vol. 4. *Untersuchungs- und Behanlungstechniken*. 1ª edición

© Georg Thieme Verlag

Director de colección: Antoni Cabot

Traducción: Eva Nieto

Revisión técnica: Salvi Delmuns Carvajal

Diseño cubierta: David Carretero

© 2003, A. Hüter-Becker
H. Schewe
W. Heipertz
P. Kirchener
Con la colaboración de S. Bänsch, A. Bohlander, *et al.*

Editorial Paidotribo
C/ Consejo de Ciento, 245 bis, 1° 1ª
08011 Barcelona
Tel. 93 323 33 11 - Fax. 93 453 50 33
E-mail: paidotribo@paidotribo.com
http://www.paidotribo.com

Primera edición
ISBN: 84-8019-667-X
Fotocomposición: Bartolomé Sánchez de Haro
Impreso en España por: A&M Gràfic

ÍNDICE

PREFACIO 11

1. FUNDAMENTOS DE LA FISIOTERAPIA (H. EHRENBERG Y U. HAEUSERMANN) 13

1.1. DEFINICIONES 13

1.1.1. FISIOTERAPIA 13

1.1.2. MEDICINA FÍSICA 13

1.2. EL MOVIMIENTO COMO TERAPIA 14

1.2.1. FUNDAMENTOS FÍSICOS DEL MOVIMIENTO 14

MECÁNICA DEL MOVIMIENTO 14

MECÁNICA DE LÍQUIDOS Y GASES 21

1.2.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FÍSICOS DEL MOVIMIENTO 27

PLANOS - EJES - ARTICULACIONES 27

MECÁNICA DE LOS MÚSCULOS 31

FISIOLOGÍA DEL MOVIMIENTO 32

PREPARACIÓN Y GASTO DE LA ENERGÍA 36

1.2.3. ESTÍMULO - REACCIÓN - ADAPTACIÓN 39

INTRODUCCIÓN EN LOS CONCEPTOS 39

ESTÍMULOS Y REACCIONES ESPECÍFICOS 44

CONSECUENCIAS PARA LA FISIOTERAPIA 49

1.3. RENDIMIENTO E INCREMENTO DEL RENDIMIENTO 49

1.3.1. INTRODUCCIÓN 49

1.3.2. DIFERENCIACIÓN DE LAS CAPACIDADES CORPORALES 50

1.3.3. AUMENTO DEL RENDIMIENTO 54

LÍMITES DEL RENDIMIENTO DE RESISTENCIA, *STEADY STATE*, UMBRAL AERÓBIO-ANAERÓBIO 55

CANSANCIO - RECUPERACIÓN - PAUSA 56

EJERCICIO Y ENTRENAMIENTO 58

1.3.4. AUMENTO DE LAS PRESTACIONES A TRAVÉS DEL EJERCICIO 60

1.3.5. AUMENTO DE LAS PRESTACIONES A TRAVÉS DEL ENTRENAMIENTO 62

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA MUSCULAR 62

ENTRENAMIENTO DE LA ELASTICIDAD 67

ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA 69

1.3.6. CON RESPECTO A LA MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO 81
1.3.7. CONSIDERACIÓN FINAL 84
1.4. FUNCIÓN 84
1.4.1. DEFINICIÓN 86
1.4.2. CONDICIONES PREVIAS Y REQUISITOS PARA LA FUNCIÓN 87
1.4.3. FUNCIÓN COMO CONCEPTO CIBERNÉTICO 88
RASGOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE CIRCUITO REGULADOR 88
1.4.4. ALTERACIONES DE LA FUNCIÓN 89
1.4.5. APRENDIZAJE DE LA FUNCIÓN 90
1.4.6. FUNCIÓN E IDENTIDAD 92
2. TÉCNICAS DE LA FISIOTERAPIA (H. EHRENBERG Y K. JÜCKSTOCK-KAERGER) 95
2.1. INTRODUCCIÓN 95
2.2. EXPLORACIÓN EN FISIOTERAPIA 95
2.3. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO 98
2.3.1. POSICIONES 98
SOBRE LA ESTABILIDAD E INESTABILIDAD DE LAS POSICIONES 98
LAS POSICIONES MÁS USUALES 99
2.3.2. TÉCNICAS ACTIVAS 106
RESPECTO A LA TERMINOLOGÍA 106
2.3.3. MOVIMIENTO 107
MOVIMIENTO CON APOYO 108
MOVIMIENTO LIBRE 114
MOVIMIENTO CONTRA UNA RESISTENCIA 130
2.3.4. SITUACIÓN DE PARADA 140
LA SITUACIÓN DE PARADA EN PORCENTAJE DE LA FUERZA MÁXIMA 141
LA SITUACIÓN DE PARADA BAJO CONCENTRACIÓN EN ALTERNANCIA CON LA TENSIÓN ...145
2.3.5. MOVIMIENTO Y PARADA 147
INTRODUCCIÓN DE PARADAS DURANTE Y AL FINAL DEL DESARROLLO DE UN MOVIMIENTO 147
MOVIMIENTO CON APOYO Y PARADA 147
MOVIMIENTO LIBRE Y PARADA 148
MOVIMIENTO CONTRA UNA RESISTENCIA Y PARADA 149
TRANSICIÓN DE UNA POSICIÓN CORPORAL A OTRA 150

2.3.6. APRENDIZAJE DE LA DEAMBULACIÓN 153
FASES NORMALES DE LA DEAMBULACIÓN DE LAS PERSONAS SANAS 153
APRENDIZAJE DE LA MARCHA CON MEDIOS DE APOYO 157
2.3.7. TÉCNICAS PASIVAS 167
POSICIÓN DE REPOSO 167
TRACCIÓN 181
2.3.8. EFECTOS DE TÉCNICAS ACTIVAS Y PASIVAS 182
INTRODUCCIÓN 182
EFECTOS CORPORALES 182
EFECTOS PSÍQUICOS, INCLUYENDO EFECTOS EN EL CONTEXTO PSICOFÍSICO, EN LA RELAJACIÓN O DISTENSIÓN 190
CONSIDERACIONES FINALES 194
2.4. TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA ESPECIALES 195
2.4.1. FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA (PNF: PRIOZEPTIVE NEUROMUSKULÄRE FACILITATION) (A. NÖLL-SEEGER) 195
2.4.2. CONCEPTO BOBATH PARA ADULTOS (M.PEßLER) 199
2.4.3. CONCEPTO BOBATH PARA NIÑOS (J. TOLKS) 200
2.4.4. REFLEXOLOCOMOCIÓN SEGÚN VOTJA (D. VON AUFSCHNAITER) 201
2.4.5. TÉCNICA DE BRUNKOW (M. UEBELE) 203
2.4.6. ENSEÑANZA FUNCIONAL DE MOVIMIENTOS DE KLEIN-VOGELBACH (R. HAARER-BECKER) 205
2.4.7. TERAPIA MANUAL (H. ERNST) 206
ORTOPEDIA NO QUIRÚRGICA DEL DR. J. CYRIAX 207
MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE MCKENZIE 208
CONCEPTO MAITLAND 209
2.4.8. ANÁLISIS FUNCIONAL DE BRÜGGER (A. BOHLANDER) 209
2.4.9. ENTRENAMIENTO MÉDICO DE RESTITUCIÓN (D. WELSINSK Y H. SCHUHMACHER) 210
2.4.10. MESA DE SUSPENSIÓN (U. MICHAELS) 214
2.4.11. TÉCNICAS DE RELAJACIÓN (R.I. ROST Y P. KIRCHNER) 218
RELAJACIÓN MUSCULAR PROGRESIVA DE JACOBSON 218
ENTRENAMIENTO AUTÓGENO 219
YOGA 219
FELDENKRAIS 220

EUTONÍA 219
QI GONG 219
2.4.12. TERAPIA RESOLUTIVA (H. EHRENBERG) 221
2.4.13. PSICOMOTRICIDAD ORIENTADA CLÍNICAMENTE (F. BOUACHBA Y J. GRAICHEN) 222
2.5. TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA RESPIRATORIA (P. KIRCHNER) 223
2.5.1. INTRODUCCIÓN 223
2.5.2. DEFINICIÓN Y USOS 224
2.5.3. TERMINOLOGÍA 225
2.5.4. EVALUACIÓN EN FISIOTERAPIA 233
EVALUACIÓN DE LAS FORMAS DE RESPIRACIÓN 233
EVALUACIÓN DE LOS MÚSCULOS RESPIRATORIOS (S. BÄNSCH) 235
EXPLORACIÓN DE LA RESPIRACIÓN 238
2.5.5. POSICIÓN CORPORAL TERAPÉUTICA 238
POSICIONES CORPORALES QUE FAVORECEN LA RESPIRACIÓN 238
POSICIÓNES PARA LA ACTIVACIÓN DE LOS MÚSCULOS RESPIRATORIOS 241
POSICIÓN DE EXTENSIÓN 242
POSICIÓN DE DRENAJE 246
CAMBIO DE POSICIÓN 247
2.5.6. TÉCNICAS DE RESPIRACIÓN 250
TÉCNICAS DE INSPIRACIÓN 250
TÉCNICAS DE ESPIRACIÓN 253
TÉCNICAS DE INSPIRACIÓN Y ESPIRACIÓN COMBINADAS 256
TÉCNICAS TUSÍGENAS 257
TÉCNICAS RESPIRATORIAS CON APARATOS 262
2.5.7. TÉCNICAS MANUALES 269
TÉCNICAS MANUALES PARA LA MEJORA DE LA INSPIRACIÓN Y LA ESPIRACIÓN 269
PRESA CUTÁNEA 270
CLAPPING (GOLPETEO) 270
VIBRACIONES 271
SACUDIDAS 271
COMPRESIÓN DEL TÓRAX 272
TÉCNICAS DE MASAJE 272

2.5.8. RESPIRACIÓN Y MOVIMIENTO 273
MOVILIZACIÓN DEL TÓRAX 273
UNIÓN DE LA RESPIRACIÓN Y EL MOVIMIENTO 274
SEGUIR RESPIRANDO EN TRABAJO DE PARADA 274
2.5.9. TERAPIA INHALATORIA (K. ROHDE) 276
2.5.10. ELIMINACIÓN DE SECRECIONES 277
DESCONGESTIÓN MUCOCILIAR 278
DESCONGESTIÓN POR TOS 278
DESCONGESTIÓN ALVEOLAR 279
FACTORES QUE ALTERAN LA FUNCIÓN DE LIMPIEZA 279
2.5.11. RESULTADOS DE LAS TÉCNICAS TERAPÉUTICAS RESPIRATORIAS 282
2.6. RESPIRACIÓN ARTIFICIAL MECÁNICA (H. EHRENBERG) 282
FORMAS DE RESPIRACIÓN ARTIFICIAL 284
2.7. MOVERSE EN EL AGUA (H. WEBER) 287
2.7.1. CONDICIONES PARA EL TRATAMIENTO EN EL AGUA 288
2.7.2. TRATAMIENTO EN EL AGUA EN REPOSO 291
PRESIÓN HIDROSTÁTICA 291
EMPUJE 292
ESTABILIDAD DE LA POSICIÓN DE NATACIÓN 293
EFECTO Y APLICACIÓN DEL EMPUJE 295
2.7.3. TRATAMIENTO EN EL AGUA EN MOVIMIENTO 296
RESISTENCIA A LA CORRIENTE 296
CORRIENTE TURBULENTA 297
2.8. ASPECTOS ORGANIZATIVOS DEL TRATAMIENTO EN FISIOTERAPIA 301
2.9. DESCRIPCIÓN DE LOS TÉRMINOS UTILIZADOS 304
2.9.1. GLOSARIO 305
2.9.2. UNIDADES DE MEDIDA 309
UNIDADES DERIVADAS 309
BIBLIOGRAFÍA 313
ÍNDICE ALFABÉTICO 325

PREFACIO

Los capítulos relativos a fundamentos y técnicas de la gimnasia terapéutica / fisioterapia han permanecido en su forma original prácticamente inalterados. Además del cambio gráfico de toda la edición, se actualizó la parte de isocinética. En este punto agradecemos al Prof. Dr. R. Rost la revisión del artículo "Rendimiento y aumento del rendimiento".

El capítulo sobre "técnicas especiales" ha sido ampliado considerablemente. El lector también encontrará resúmenes sobre terapia de entrenamiento, psicomotricidad, análisis de funcionamiento y relajación en fisioterapia.

La terapia respiratoria (o de la gimnasia terapéutica) ha sido totalmente reelaborada, en base a los pilares establecidos por Hilla Ehrenberg en este apartado.

La Sra. H. Weber (antes Witt) ha vuelto a escribir desde el principio, además de ampliarlo, su capítulo "Moverse en el agua".

Los artículos "Ayudas para levantar y desplazar a enfermos y disminuidos" y "Psicología y aspectos organizativos del tratamiento de la gimnasia terapéutica" han sido emplazados en otros volúmenes de la colección.

Quiero agradecer a los fisioterapeutas / expertos en gimnasia terapéutica S. Bänsch, H. Göhring, H. Holland-Cunz, D. Pfeiffer-Kascha y K. Rohde, así como a los médicos PD Dr. med. R. Buhl, Prof. Dr. med. H.-P. Criée, Prof. Dr. med. O. Giebel y Prof. Dr. med. D. Köhler por sus inestimables sugerencias y correcciones.

Finalmente quiero agradecer en nombre de todos los autores a los colaboradores y diseñadores de la Editorial Georg Thieme por su constructiva cooperación.

Petra Kirchner
Frankfurt del Main

1. FUNDAMENTOS DE LA FISIOTERAPIA

H. EHRENBERG Y U. HAEUSERMANN

1.1. DEFINICIONES

1.1.1 Fisioterapia

La fisioterapia, como parte integrante de una terapia física, la actividad propia del enfermo, para fines curativos. Los objetivos profilácticos, terapéuticos y rehabilitadores son apoyos para el desarrollo, el mantenimiento y la recuperación de todas las funciones en el ámbito somático y psíquico o para el aprendizaje de funcionamientos alternativos para las disfunciones que no sean recuperables. Un requisito obligatorio previo para el tratamiento es el diagnóstico en fisioterapia, que depende tanto de la enfermedad como del paciente. Los procedimientos propuestos son técnicas fisioterapéuticas especiales para los enfermos, formas dosificadas de los ejercicios deportivos y gimnásticos para personas sanas, y series de movimientos que se desarrollan durante un día normal. Se han tomado los principios de aprendizaje, ejercicio y entrenamiento del desarrollo corporal, deporte y medicina deportiva buscando un incremento progresivo del rendimiento sin perjuicio físico. De manera circunstancial, y siempre que sea necesario, se combinan otros procedimientos de la terapia física para ampliar el tratamiento, entre los que se incluyen los masajes, la electroterapia y la hidroterapia, entre otros. La situación del tratamiento en fisioterapia –independientemente de que lo sea a nivel individual o en grupo– está marcada por el acercamiento personal entre el responsable y el paciente.

1.1.2 Medicina física

Según Weimann (1978) la medicina física es "una tendencia profesional orientada terapéuticamente" que usa diferentes formas de energía tanto naturales como elaboradas técnicamente (por ejemplo, energía mecánica como masajes y movimiento, calor, energía de ondas, distintos tipos de ondas electromagnéticas, ondas sonoras y diferentes formas de electricidad).

El objetivo general –y aquí es donde se encuentra una diferencia básica entre muchos de sus procedimientos y la farmacoterapia o la cirugía– es apelar a las fuerzas ordenadoras internas y a la capacidad de autorregeneración del propio organismo. Siempre que se pueda se deben "usar, promover y optimizar procedimientos de curación naturales".

Esta definición deja claro que la fisioterapia, con sus principios de acción, ha de ser incluida dentro de la medicina física.

1.2. EL MOVIMIENTO COMO TERAPIA

1.2.1 Fundamentos físicos del movimiento

No nos podemos ocupar de las funciones del organismo humano sin conocer las leyes que las dirigen. Esto se acentúa en el caso de la función del movimiento, concepto cuyos fundamentos es obligatorio considerar incluidos de forma total dentro del ámbito de la física.

Ejemplos: El resultado dinámico de una fuerza es la aceleración. La fuerza gravitatoria y el rozamiento pueden tener una influencia de frenado. – Todos los tratamientos fisioterapéuticos están sometidos a estas leyes. – El adiestramiento de la marcha con un paciente sobre una escalera está regido en su dosificación según el principio de los planos inclinados. – Las extendidas leyes de la palanca y del momento de giro son fundamentales para la comprensión del funcionamiento de las articulaciones y el hipomoclio[1] (huesos de apoyo como la rótula).

Este capítulo parte, pues, de la reflexión de que no es posible poner en práctica una terapia del movimiento sin tener previamente el conocimiento de sus fundamentos físicos.

Si se quiere llegar a una teoría del movimiento habrá, en primer lugar, que hacer una presentación de las características más notables de la física y tenerlas en cuenta para su aplicación y utilización práctica en la fisioterapia. Por motivos obligados de brevedad, a continuación se procederá a describir solamente los conceptos y leyes básicos. En el glosario, así como en la serie de libros de física recomendados, se puede encontrar más información.

Mecánica del movimiento

"Mecánica" es una palabra que proviene del griego. Su traducción está relacionada con las "máquinas[2]"

Definición: El concepto físico de "mecánica" es "la ciencia que estudia el movimiento de un cuerpo bajo la influencia de fuerzas" (Müller y Gräfe 1978).

Las fuerzas actúan en todo momento, incluso cuando no son reconocibles para nosotros; el movimiento es un proceso elemental para cualquier ser vivo y por ello la mecánica tiene un papel predominante en cualquier teoría del movimiento de la fisioterapia.

Masa

Definición: Masa es el fundamento de la materia. Se corresponde con un enorme conglomerado de materiales sólidos, líquidos y gaseosos. Se diferencia entre:

- Masa pesada, fundamento del peso o la atracción de las masas

[1] *Hipomoclio. (Del griego hypomoclion; hipó, debajo, y móchliós, palanca). Punto de apoyo de una palanca. (N. del T.).*

[2] *Maschinenkunde. En alemán ésta palabra significa tanto mecánica como máquinas.*

en los campos gravitatorios (todas las masas se atraen).
- Masa inerte es la propiedad de oponerse a la variación del movimiento (aceleración o reducción del movimiento), (ley de la inercia de Newton).

Fuerza

Definición: La fuerza es el motivo principal del cambio de posición de un cuerpo. La fuerza, por tanto, no es directamente reconocible sino a través de su resultado: cambia el estado de un cuerpo desde el reposo o desde un movimiento uniforme y lineal.

Resultado de la fuerza: Se distinguen dos resultados en los que se puede apreciar cada fuerza:
- resultado estático,
- resultado dinámico.

Resultado estático: Se ejerce una fuerza sobre un cuerpo que no tiene libertad de movimiento, ya sea empujando o tirando de él. Se produce un cambio de forma o de volumen. A este cambio se le denomina deformación.

Resultado dinámico: Se ejerce una fuerza sobre un cuerpo con total libertad de movimiento, de esta manera se le transmite una *aceleración*. Si se encuentra con un cuerpo en reposo, le proporciona *movimiento*.

Formas: Se distinguen varias formas de fuerza dependiendo de su origen. Pueden tener efecto de atracción o de repulsión. Las más importantes son:
- fuerzas de atracción de las masas (fuerzas gravitatorias),
- fuerzas musculares,
- fuerzas de rozamiento,
- fuerzas eléctricas,
- fuerzas magnéticas,
- fuerzas centrífugas,
- fuerzas intermoleculares (fuerzas de adhesión, de cohesión o de Coulomb y Van der Waals),
- fuerzas químicas (de enlace),
- fuerzas capilares,
- fuerzas nucleares (fuerzas de acción del núcleo del átomo).

Nota: La definición de aquellas fuerzas que sean necesarias para la comprensión de la fisioterapia están descritas bien en artículos especiales bien, de manera abreviada, en el glosario.

Leyes de Newton

El físico inglés Newton enunció leyes para los conceptos de fuerza, masa, inercia y aceleración, que se deben conocer como fundamento de la fisioterapia aun cuando para el tratamiento no siempre seamos conscientes de su importancia.

Ley de la inercia

Todos los cuerpos debido a su propia masa se encuentran en reposo o en movimiento linealmente uniforme cuando no se ejerce ninguna fuerza sobre ellos (ver los apartados relativos a fuerza y movimiento, así como el glosario).

En posición de reposo los cuerpos tienen la propiedad de la inercia (fuerza de inercia). Esta inercia es una propiedad de todas las denominadas masas: cuanto mayor

sea la masa, mayor será la inercia, y también mayor debe ser la fuerza para vencer este estado. El fisioterapeuta en la terapia del movimiento ejecuta un *trabajo* (físicamente, vencer una resistencia; fisiológicamente, el término se usa de otra manera); desarrolla un *rendimiento* (trabajo en una determinada unidad de tiempo), y con ello ejerce sobre el cuerpo afectado una *aceleración*, una *presión* o un *arrastre*. Esto nos conduce a la ley de efecto de la fuerza.

Ley del efecto de la fuerza

Existe una relación proporcional (igualdad de proporción) entre la cantidad de una fuerza, la masa que ha puesto en movimiento y la aceleración transmitida. Dicho de otra manera: cuanto mayor sea la masa de un cuerpo, mayor habrá de ser la fuerza que la hace acelerar.

Ley del efecto recíproco

Cada acción (efecto de una fuerza) provoca una reacción igual y opuesta a la ejercida (*actio = reactio*). Esto significa que cuando se activa una fuerza, ésta nunca afecta solamente a un cuerpo, sino que afecta, de manera reciproca, como mínimo a dos cuerpos en sentidos opuestos y con la misma magnitud. Realmente esta reciprocidad no es reconocible especialmente cuando se realiza contra la tierra. Esto es debido a su gran masa. La reciprocidad se puede reconocer, dado el caso, por ejemplo, al saltar (trampolín, cama elástica) cuando el salto se realiza desde o sobre una tabla. Un ejemplo típico para visualizar la dependencia del efecto recíproco es el retroceso del disparo de un arma de fuego.

Esta tercera ley de Newton tiene, al examinarla con una mayor atención, una gran importancia para las actividades en fisioterapia. Sólo hay que ir un poco más allá en el ámbito de la terapia del movimiento y pensar en los campos de la hidroterapia y la electroterapia, entre otros; en todos ellos se aplica el principio de "*actio = reactio*". En el apartado "Estímulo - Reacción - Adaptación" volveremos a hablar de este tema.

Palanca

Definición: La palanca es una de las máquinas más sencillas de la mecánica. Una palanca es aquel cuerpo que puede girar sobre un eje sobre el que actúan una, dos (o más) fuerzas que buscan hacer girar ese cuerpo.

Ejemplos de la vida diaria son las puertas giratorias o las tijeras.

Dependiendo del número de fuerzas que actúen, se puede distinguir entre palancas de dos o más brazos (Figura **1.1a** y **b**).

Efecto: Por medio de una palanca y dependiendo de la longitud del brazo se puede conseguir con una fuerza pequeña un resultado grande (carga). La distancia fundamental no es la que existe entre el punto de contacto de la fuerza y el eje de rotación, sino el llamado brazo de la palanca (una distancia geométrica) y el momento de giro.

Nota recordatoria: Con ayuda de una palanca se ahorra bien trabajo,

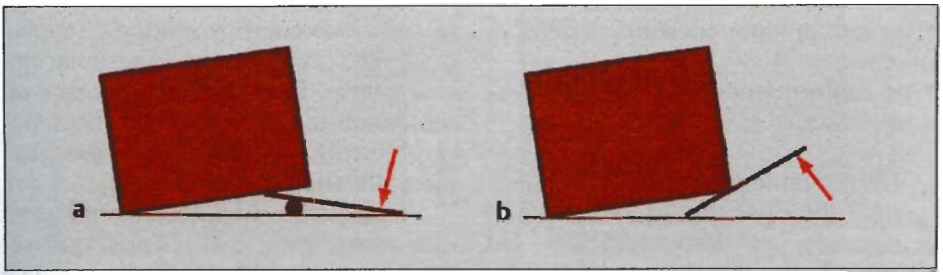


Figura 1.1a y b: *Levantar una carga pesada con ayuda de una palanca* ***a*** *de dos brazos,* ***b*** *de un brazo (de Müller y Gräfe).*

bien camino. La fuerza en sí no es decisiva; lo es el momento de giro.

Momento de giro: Es una magnitud calculable para cuerpos que giran y se define como el producto de la potencia que se ha de emplear (la cantidad de la fuerza) y la distancia perpendicular entre el eje de rotación y la dirección de la fuerza (Figura **1.2**).

Forma abreviada: el momento de giro es igual a la potencia por la distancia perpendicular de la potencia al eje de rotación.

Nota recordatoria: No confundir el momento de giro con el trabajo de giro en la articulación (Fischer) ni con el concepto de "fuerzas de rotación", como ocurre en algunos manuales sobre el movimiento.

Movimiento - aceleración

Definición: Se denomina movimiento a la variación de posición de un cuerpo en relación con otro cuerpo. Aceleración es el incremento de velocidad en una fracción de tiempo determinada.

Movimiento es, pues, una magnitud relativa. Presupone un observador (que percibe) y un segundo cuerpo como punto de referencia.

Las diferentes formas de movimiento son:

- avanzando (traslación),
- girando (rotación),
- combinado.

Dentro de estas formas de movimiento es importante para la fisioterapia la división, del tipo de "cambio de posición", en movimiento:

- uniforme,
- no uniforme (aceleración o desaceleración),

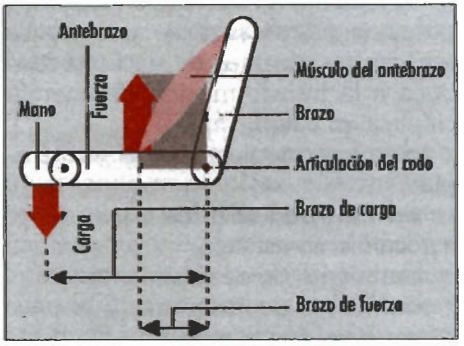


Figura 1.2: *Representación geométrica de los momentos de giro dentro de las leyes de equilibrio de la palanca aplicadas al antebrazo (de Marsch y Marsch).*

- uniformemente acelerado / desacelerado
- no uniformemente acelerado / desacelerado.

Un movimiento es uniforme mientras no interfiere en su recorrido ni aceleración ni desaceleración. Su velocidad es por tanto constante.

En el movimiento corporal humano se dan todas las formas de movimiento mencionadas, y son reconocibles en todas las acciones propias y externas. Durante un proceso de movimiento domina de manera cambiante la proporción de movimiento no uniforme: en el inicio del movimiento, la aceleración, y, al final del movimiento, el frenado; entre ellos domina la uniformidad, siempre que no se desarrollen de manera arbitraria movimientos no uniformes. Además hay que contar con los factores de distorsión externos, como el rozamiento, que pueden influir en el movimiento.

Rozamiento

El rozamiento aparece en todos los procesos físicos siempre que no se realicen en cámaras de vacío, y conduce a la transformación de energía cinética en calor.

Son importantes para la fisioterapia:

en cuerpos sólidos

- rozamiento estático
- rozamiento de deslizamiento
- rozamiento de rodadura

en líquidos o gases

- rozamiento externo
- rozamiento interno

Rozamiento estático es el que existe entre dos cuerpos sólidos en reposo. Evita, por ejemplo, el resbalar en una cuesta. Pero también favorece el movimiento; sin él el avance no sería posible sobre algunos materiales (por ejemplo, andar sobre el hielo).

Rozamiento de deslizamiento es el que existe entre dos sólidos, que se mueven en direcciones contrarias tocándose. Frena el movimiento.

Rozamiento de rodadura aparece cuando un sólido de forma esférica rueda sobre un sólido de superficie plana.

Rozamiento estático > rozamiento de deslizamiento > rozamiento de rodadura (Figura **1.3 a-c**). Esto se explica de la siguiente manera: el rozamiento depende de la presión que se realiza en sentido perpendicular a la superficie de rozamiento. En el caso de una bola la superficie de contacto es muy pequeña.

Rozamiento externo es el que ocurre entre un líquido o gas en movimiento y un sólido.

Rozamiento interno es aquél entre partículas líquidas o gaseosas en movimiento.

Rozamiento interno < rozamiento externo < rozamiento entre sólidos. Esto explica el objetivo de los engrasantes y lubricantes. Nuevas investigaciones sobre el rozamiento estático están demostrando que en los casos de contacto muy estrecho entre las superficies de dos cuerpos se produce algo parecido a una soldadura en frío de las partículas más externas. Al intentar producir un movimiento entre ellas (en el inicio del movimiento) se deben romper esas minúsculas soldaduras. El desgaste por rozamien-

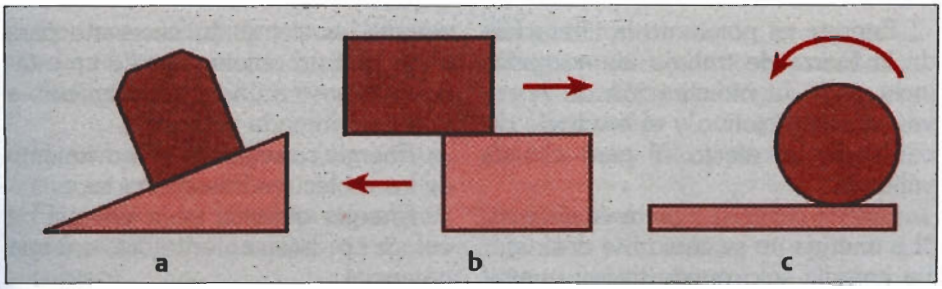


Figura 1.3 a-c: ***a*** *Rozamiento. estático.* ***b*** *Rozamiento de deslizamiento.* ***c*** *Rozamiento de rodadura.*

to se fundamenta en el mismo principio. Se puede reducir el trabajo necesario en los rozamientos estático y de deslizamiento usando algún tipo de en grasante o lubricante.

Vector

Hasta ahora hemos observado la potencia (fuerza) y el movimiento como magnitudes individuales y hemos trabajado con los valores de las magnitudes básicas de la física (masa, tiempo, longitud, temperatura). En ningún momento se ha hablado de la dirección. Pero la fuerza no tiene ningún valor sin los datos de la dirección y de la magnitud de medida; una fuerza tiene un resultado "en algún lugar y sobre alguien". Por ello reúne las características de un vector.

Definición: Un vector es una magnitud física, que además de su valor (magnitud absoluta) tiene una dirección.

A través de las operaciones con los vectores se puede ver y representar numéricamente las sumas de fuerzas en la misma dirección y sentido, así como el resultado de fuerzas con sentidos distintos (incluso la influencia recíproca hasta su anulación). Las cantidades aisladas (valores absolutos o magnitudes escalares) de un vector se denominan componentes, la fuerza final se denomina resultante.

Nota recordatoria: Las operaciones con vectores no siguen en todos sus aspectos las leyes del cálculo numérico; ya que se trata de magnitudes de orden superior (se puede aprender más sobre el tema en los libros de física). Hay que tener en cuenta siempre que un vector es *una magnitud espacial* y es, por tanto, *tridimensional*. La representación de los vectores nos permite visualizar el efecto de las fuerzas con direcciones diferentes en el paralelogramo de las fuerzas.

Energía

Cuando en el cuerpo humano (quemando sustancias alimenticias) se desarrolla un trabajo para mantener las funciones vitales, cuando el ser humano quiere moverse o hablar, cuando una corriente de electricidad enciende una bombilla o un aparato terapéutico, se produce energía.

Definición: Energía es la capacidad de realizar un trabajo.

Energía es por tanto la liberación de la fuerza de trabajo almacenada, incluyendo la movilización de reservas, con el objetivo y el resultado de conseguir un efecto. Y para ello es válida la

Ley de conservación de la energía: "La energía no se crea ni se destruye. La energía sólo puede transformarse de un estado a otro".

Cualquier actividad, expresión u observación ya sea visible, potencial o imaginable supone un empleo de energía. El gasto de energía se iguala con el resultado obtenido. Cuando estos factores están relacionados tan favorablemente que con un mínimo trabajo se obtiene un máximo resultado, hablamos de una *actividad económica.*

Para la fisioterapia son importantes las siguientes formas de energía:

- Energía mecánica:
  - energía potencial (energía en reposo o disponible),
  - energía cinética (energía del movimiento),
- energía calorífica,
- energía química,
- energía eléctrica,
- energía de radiación (sobre todo rayos UVA e infrarrojos).

Energía potencial (energía disponible) es el trabajo necesario para desplazar un cuerpo de su estado de referencia a un nuevo punto de partida. Como mejor se puede ejemplificar es con el trabajo de elevar objetos, trabajo que el cuerpo, en reposo, que ha sido elevado, almacena como energía.

Energía cinética (energía del movimiento) es el trabajo necesario para hacer que un objeto pase de un estado de reposo a uno de movimiento a una determinada velocidad.

Energía calorífica es el movimiento de las moléculas desordenadas.

Energía química es la energía de enlace y básicamente es energía potencial.

Energía eléctrica (energía de campos) es portada por cuerpos (partículas) y campos de fuerza y se manifiesta al hacer actuar la energía cinética sobre cuerpos de prueba.

Una de sus formas es la *energía de radiación.*

Como consecuencia de la ley de la conservación de la energía parece claro que el viejo sueño del ser humano del *perpetuum mobile* no se hará realidad. Esa máquina necesita energía de un impulso externo, y una parte importante de energía se pierde por rozamiento.

Nota recordatoria: Según la ley de la conservación de la energía es imposible proporcionar energía interna sin recibir energía externa. Lo que siempre ocurre es la transformación de un estado de la energía en otro estado. Por ejemplo: la energía química del músculo del brazo al elevar una maza se transforma en energía potencial de esa herramienta. Al dejar caer la maza se produce energía cinética. Al chocar la maza con el suelo se produce energía calorífica.

Trabajo

Definición: Trabajo es la acción de una fuerza con un objetivo. Trabajo es el producto de fuerza y recorrido.

Por tanto el trabajo es una magnitud dependiente; es producido.

Ejemplos:

- El trabajo de elevar (elevar un cuerpo / un miembro).
- El trabajo de acelerar un objeto (superación de la resistencia de un cuerpo).
- El trabajo del rozamiento (superación de la fuerza de rozamiento).
- El trabajo de dilatación (tensión de los cuerpos de dilatación elástica).
- El trabajo de presión (esfuerzo de deformación contra un sólido).

Los ejemplos de trabajo de aceleración y de presión se explican más extensamente como efecto dinámico y estático de la fuerza en otros tomos de la presente colección.

La magnitud del trabajo depende de la magnitud de la fuerza, que a su vez hay que relacionar con el recorrido a lo largo del cual se desarrollará.

Nota recordatoria: Trabajo no sólo es un concepto físico, sino también energético (ver apartado "Energía"). Incluso sobrepasa los límites de la definición de la mecánica. Se puede definir el trabajo como fundamento de todas las coberturas de demanda.

Potencia

Potencia es el concepto del trabajo que se desarrolla en un tiempo determinado.

Mecánica de líquidos y gases

Para comprender el proceso de la respiración –además del sistema cardiocirculatorio y de la necesidad de energía y su consumo bajo condiciones normales y patológicas–, se estima necesario el conocimiento de algunas *leyes físicas* para:

Líquidos en reposo (hidrostática)
- presión hidrostática,
- empuje hidrostático.

Gases en reposo (aerostática)
- presión del gas,
- solubilidad de los gases,
- presión del aire.

Líquidos y gases en movimiento (hidro y aerodinámica)
- fluidos y corrientes,
- viscosidad,
- velocidad de las corrientes,
- movimiento de sólidos en líquidos o gases.

Líquidos

Definición: Los líquidos se diferencian de los sólidos en la falta de forma propia; se adaptan a la forma de cualquier recipiente.

Los gases tampoco tienen forma fija, pero además poseen la característica de llenar cualquier recipiente en que se introduzcan y de combinarse con otros gases.

Presión hidrostática

- Un líquido en reposo ejerce en función de su peso (de la gravedad) una presión que se denomina presión gravitatoria. La presión gravitatoria es proporcional a la altura de la presión (se corresponde con la distancia desde el punto de medida con la superficie del líquido) (ver Figura **1.4**) y depende del peso específico del líquido. Por

tanto no depende de la cantidad de líquido o de la forma del recipiente.

Consecuencias: En líquidos, los cuales están sometidos a la presión gravitatoria, aumenta la presión hidrostática al descender. También los líquidos corporales del ser humano están sometidos a la presión gravitatoria. En enfermos del sistema cardiocirculatorio cuanto más reducida sea la velocidad de la corriente circulatoria, mayor influencia tendrá la presión gravitatoria, por ejemplo en el caso de edematización. Así, lo siguiente que un enfermo de corazón –siempre que no esté tumbado– desarrollará serán edemas en los tobillos y las piernas.

- Una segunda forma de presión hidrostática es la presión que puede ser ejercida con un pistón o émbolo sobre un líquido en un recipiente que por lo demás está cerrado. Dado que la capacidad de compresión de los líquidos es mínima, la presión se distribuirá en todas las direcciones.

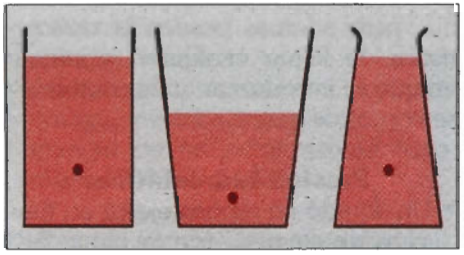


Figura 1.4: *Presión hidrostática o gravitatoria. Obsérvese: En los tres recipientes la presión en el punto * es la misma (hay la misma distancia desde la superficie del líquido al punto de medida) independientemente de la forma del recipiente o de la cantidad de líquido. Sin embargo sólo en los recipientes de los extremos la presión en el suelo del recipiente es la misma (más información en el texto) (de Sckell).*

La *ley de la transmisión de la presión en todas direcciones* dice: "La presión ejercida sobre un líquido se distribuye en todas las direcciones con la misma intensidad".

Consecuencia: Dado que el cuerpo humano está en gran medida compuesto por agua, cualquier presión que se ejerza sobre partes blandas será transmitida por estas. El masaje *sous l'eau* (bajo el agua) ejerce por tanto una doble presión hidrostática (la de la presión gravitatoria del agua y la del masaje en sí) y significa un fuerte estímulo mecánico.

Empuje hidrostático

El principio de Arquímedes (¡una ley natural!) dice: "Aparentemente todos los cuerpos sumergidos en un líquido pierden tanto peso (presión en la superficie de apoyo) como pesa el volumen de líquido han desalojado".

La aparente pérdida de peso no es más que el empuje hidrostático que experimentan los cuerpos (por tanto no se puede alcanzar una disminución de peso sólo bañándose.) En los cuerpos sumergidos en un líquido opera una fuerza hacia arriba contraria a la presión gravitatoria. ¿Cómo puede suceder esto? La presión hidrostática dentro de un líquido tiende a levantarlo. Por tanto en la parte inferior del objeto sumergido existe una presión mayor que en la parte superior. Además el empuje hidrostático es mayor cuanto mayor sea la densidad

del líquido y cuanto mayor sea el volumen del cuerpo.

Según estas premisas se desprenden las siguientes consecuencias sobre el comportamiento de un cuerpo que ha sido sumergido en un líquido:

- Si el empuje hidrostático y el peso de un cuerpo son iguales, el cuerpo flotará en cualquier punto dentro del líquido.
- Si el empuje hidrostático es menor que el peso del cuerpo, éste se hundirá.
- Si el empuje hidrostático es mayor que el peso del cuerpo, éste flotará hasta una altura del propio cuerpo que compense el valor del empuje hidrostático (hasta que desaloje la cantidad de líquido que compensa el peso del cuerpo): nadará.

Aplicación en fisioterapia: Ejercicios de movilidad en el agua cuando la fuerza muscular esté reducida (por ejemplo, por atrofia debida a inactividad) y ejercicios de esfuerzo limitado (tras una fractura de columna). Aumento del empuje hidrostático gracias a chalecos de corcho o reducción por medio de pesos atados. Como podemos ver, el empuje hidrostático se puede dosificar para cada individuo.

Gases

Definición: Los gases son cuerpos aeriformes sin forma ni volumen definidos. Al contrario que los vapores, no se pueden licuar.

Propiedades: Los gases y los vapores tienden a la expansión. Cuando están encerrados en un recipiente ejercen una presión contra las paredes del mismo (presión gaseosa / de vapor).

Teoría cinética de los gases

Cuerpos aeriformes, gases y vapores están compuestos por moléculas que están totalmente separadas las unas de las otras y que se encuentran en un permanente estado de movimiento lineal. Al chocar con otras moléculas del gas son apartadas de su trayectoria rectilínea desplazándose en zigzag. Este movimiento de las moléculas es la razón de la presión de los gases y también de su tendencia a la expansión.

Los gases ideales serían aquellos en los que, entre sus moléculas, no existieran fuerzas de atracción, pero sí de rozamiento. Al contrario que el líquido ideal, que se definiría como aquel en el que no existe rozamiento pero sí fuerzas de atracción (entre sus moléculas).

Los gases reales se someten a las denominadas fuerzas de Van der Waals, es decir, las moléculas se atraen entre sí. A temperatura ideal y especialmente a altas temperaturas el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno y los gases nobles se acercan bastante al concepto de gas ideal.

Presión parcial del gas

Cuando en un recinto cerrado se encuentran varios gases que no reaccionan químicamente entre sí, la presión resultante es la suma de las presiones parciales que ejercería cada uno de los gases si fuera él solo el ocupante del recinto. La presión parcial juega un papel importante en el

proceso de la respiración, en el transporte del oxígeno-nitrógeno en la sangre y en la solubilidad de los gases (ver después).

Algunos datos sobre la presión de los gases

El aumento de temperatura produce una aceleración en el movimiento de las moléculas. Con ello se produce a) un aumento de volumen y b) un aumento de la presión del gas.

Nota recordatoria: El "estado" de un gas lo determinan tres magnitudes: temperatura, presión y volumen; el gas sólo varía si una de las tres magnitudes varía (Müller y Gräfe 1978).

Tanto para los líquidos como para los gases es válido:

- que ejercen una presión denominada p sobre las paredes que los encierran, que se define como la fuerza (F) que se ejerce contra una superficie (S): p = F : S;
- que están sometidos a la ley de la transmisión de la presión en todas direcciones.

Solubilidad de los gases

- Los gases son solubles en los líquidos.
- El proceso de disolución se denomina absorción. Si el aire no fuera soluble en agua, no podrían vivir animales en el agua.
- La disolución de gases en líquidos aumenta con el aumento de la presión y es proporcional a la presión del gas sobre el líquido (Regla de *Henry).*

Como ejemplo de la vida diaria podemos mencionar la liberación de CO_2 al abrir –disminución de la presión– una botella de agua mineral. Esta regla tiene importancia en el sistema hemodinámico sobre todo al sumergirse (peligro de contraer el síndrome de Caisson o aeroembolismo al salir a la superficie demasiado deprisa).

- La solubilidad de los gases en los líquidos aumenta al aumentar la temperatura.

Para las mencionadas reglas hay que hacer, según Müller y Grafe (1978), dos puntualizaciones:

- En caso de que entre el líquido y el gas se den condiciones químicas las reglas serán parcial o totalmente inválidas.
- La solubilidad de un gas es limitada. Cuando la solución tiene el gas suficiente se denomina saturación.

Cuando se disuelve una mezcla de gases en un líquido la absorción de los diferentes gases se realiza según su presión parcial. La relación de solubilidad del oxígeno y el nitrógeno en el agua es 1:2 (mientras que en el aire es 1:4). Por ello los animales acuáticos disponen de menos aire, pero de una buena relación oxígeno-nitrógeno.

Presión atmosférica

El aire es una mezcla de oxígeno, nitrógeno, gases nobles y dióxido de carbono. Dado que la atmósfera que rodea a nuestra tierra tiene unos 100

km de altura, ejerce una presión considerable sobre aquella y sobre todos los seres que vivimos en ella. La fuerza de atracción de la tierra impide a la atmósfera repartirse por toda la superficie como un gas ideal. En vez de esto ejerce –a semejanza de los líquidos– una presión gravitatoria que es mayor en la superficie de la tierra. La llamamos presión atmosférica. En general no la notamos; sólo al ascender montañas, en grandes alturas, en aviones o en cabinas de compensación de presión somos conscientes de ella porque nos falta la respiración. También la reducción de la presión parcial de oxígeno nos hace más difícil la respiración.

Hidrodinámica y aerodinámica

Los líquidos que fluyen están sometidos, en condiciones reales, a dos resistencias: una fricción interna y otra externa. La primera se exterioriza mediante un desplazamiento de las partículas líquidas unas contra otras y se denomina **viscosidad**; la segunda depende de la firmeza y las condiciones de la superficie de la pared del conducto (o del canal), y puede provocar turbulencias (torbellinos dentro del líquido).

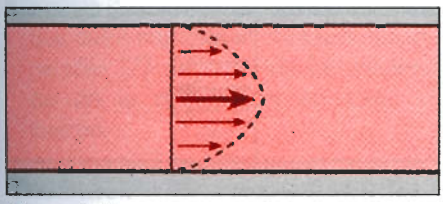


Figura 1.5: *Perfil parabólico de la distribución de velocidades en una corriente laminar (ver texto). La longitud de las flechas señala las diferencias de velocidad (de Müller y Gräfe).*

Corriente laminar-viscosidad

Si un líquido fluye por un canal o por un tubo, precisa para ello una fuerza que tiene que ser más grande que la resistencia de la corriente.

La resistencia de la corriente surge principalmente por la fricción de las moléculas unas contra otras. Esta fricción interna (viscosidad) es, dependiendo del tipo de líquido, mayor o menor; en la sangre, por ejemplo, es mayor que en el agua y se intensifica mediante la disolución de cuerpos sólidos en el líquido (¡piénsese en la disolución del azúcar!).

Los líquidos que fluyen se disgregan en capas que se deslizan unas contra otras, sin interferirse, desarrollando así un perfil de velocidades (Figura **1.5**): en el centro del tubo la velocidad de la corriente es máxima, las capas adyacentes se mueven en dirección al borde con una velocidad cada vez más pequeña, hasta alcanzar la capa externa, que está fuertemente adherida a la pared del tubo. Así surge una distribución parabólica de velocidades.

Puesto que en una situación así se pueden delimitar diferentes capas, se la denomina corriente laminar (lámina = capa).

Reglas del rozamiento interno

- La viscosidad depende de la temperatura; disminuye si la temperatura sube y se intensifica si baja la temperatura.
- La viscosidad aumenta mediante la disolución de sustancias sólidas.
- La viscosidad ocasiona, al fluir, que una parte de la energía cinética se convierta en energía calorífica.

Velocidad de la corriente-resistencia de la corriente

Si un líquido fluye por un único conducto de sección variable, la velocidad de la corriente es mayor en los puntos más estrechos; en los tramos con mayor sección, es menor (Figura **1.6**). Esto hace que por cada sección fluya en el mismo período de tiempo el mismo volumen de líquido.

En contra de lo que cabría esperar, en las zonas con mayor velocidad de corriente, la presión contra la pared del tubo y en el mismo líquido, es menor que en las zonas con menor velocidad de corriente (paradoja de Bernouilli). Sobre el entorno de la zona estrecha se ejerce un efecto de succión.

Si un líquido fluye por un sistema de tuberías ramificado (esto se puede aplicar a la circulación sanguínea), la velocidad de la corriente en cada una de las ramificaciones es menor que la velocidad en el tubo inicial y en el tubo final (Figura **1.7**). El origen de ello reside en que la sección total del tubo en esas partes inicial y final es menor que la suma de las secciones transversales de todas las ramificaciones.

El flujo de líquidos *viscosos* con corriente laminar se calcula según la *Ley de Hagen-Poiseuille*. La aplicación indiscriminada de esta ley sobre la corriente sanguínea no es factible a causa de algunas particularidades de la corriente sanguínea.

Viscosidad de la sangre-sistema circulatorio

La sangre, en cuanto a su naturaleza de líquido viscoso, está sometida a las leyes de rozamiento interno. Por ello se hace necesario puntualizar algunas consecuencias y particularidades:

La fuerza necesaria para la corriente laminar la proporciona el efecto de bombeo del corazón. La viscosidad específica de la sangre es aproximadamente cuatro veces la del agua; sin embargo, existen algunas diferencias dependiendo de la edad y del sexo (en los hombres los valores son mayores y alcanzan el tope de viscosidad antes que en las mujeres). Según Müller y Gräfe (1978) los valores se incrementan haciendo las mediciones en un baño frío o en aire caliente. Además, se observa que la viscosidad también es mayor tras haber ingerido alimentos (disolución de las sustancias alimenticias) que en ayunas.

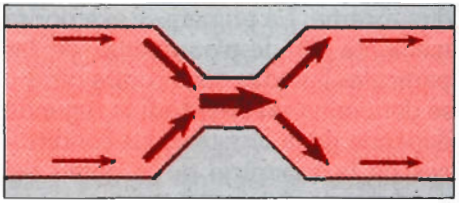


Figura 1.6: *Aumento de la velocidad de la corriente en un paso estrecho (ver texto).*

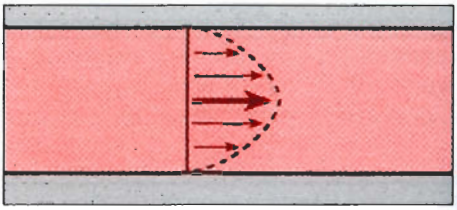


Figura 1.7: *Disminución de la velocidad de la corriente en un sistema de tubos ramificado (como en la circulación sanguínea). El tamaño de las flechas marca la velocidad de la corriente.*

Desde el punto de vista de la física es importante tener presente para el sistema circulatorio:

- La sangre circula prácticamente por todas las partes del cuerpo de manera laminar y desarrolla un perfil parabólico de velocidades.
- Los hematíes circulan en la zona axial de la corriente sanguínea de los capilares y, por lo tanto y en función del perfil de velocidades, son arrastrados mucho más rápidamente que los leucocitos, que se desplazan en posición más cercana a las paredes del vaso sanguíneo.
- Por tanto, los eritrocitos se desplazan por el sistema circulatorio recorriendo un mayor espacio, en la misma cantidad de tiempo, que los leucocitos.
- En circunstancias normales sólo se encuentran turbulencias directamente debajo de las válvulas del corazón. Las turbulencias en una vena (por ejemplo, por lesiones de las paredes vasculares) pueden provocar una trombosis.
- La velocidad en arterias y capilares está sometida a oscilaciones por la actividad rítmica de "bombeo" del corazón.
- En el sistema circulatorio de los pulmones la resistencia de la corriente, que debe superar el corazón, supone sólo 1/7 del total de la resistencia en la circulación en todo el cuerpo.

Rozamiento de cuerpos sólidos en líquidos y gases

Todos los cuerpos que se mueven en un líquido o en un gas sufren una resistencia; la razón es la fuerza de rozamiento. El rozamiento es proporcional a la velocidad, es decir, aumenta cuando aumenta la velocidad.

Uso en fisioterapia: Tratamientos de movilidad en el agua con variación en el trabajo por medio de cambios de velocidad.

Aerodinámica

Todas las leyes y requisitos mencionados en la hidrodinámica se pueden usar análogamente para los gases.

1.2.2. Fundamentos anatómicos y físicos del movimiento

Planos - ejes - articulaciones

Planos

El plano (concepto geométrico) es una sección o superficie plana. Proporciona un punto de observación o de referencia de un cuerpo y sus uniones con otros (Figura **1.8**).

Todos los movimientos cortan uno de estos planos (imaginarios); bien sea

- El plano *sagital* (anterior-posterior): discurre de delante hacia atrás (división del cuerpo en dos mitades, una derecha y una izquierda).
- El plano *frontal* (lateral-medial): discurre de izquierda a derecha (división del cuerpo en parte anterior y posterior).
- El plano *horizontal* (transversal): discurre paralelo al suelo a la altura deseada (división del cuerpo en partes superior e inferior).

Los planos principales dividen el cuerpo en partes del mismo tamaño.

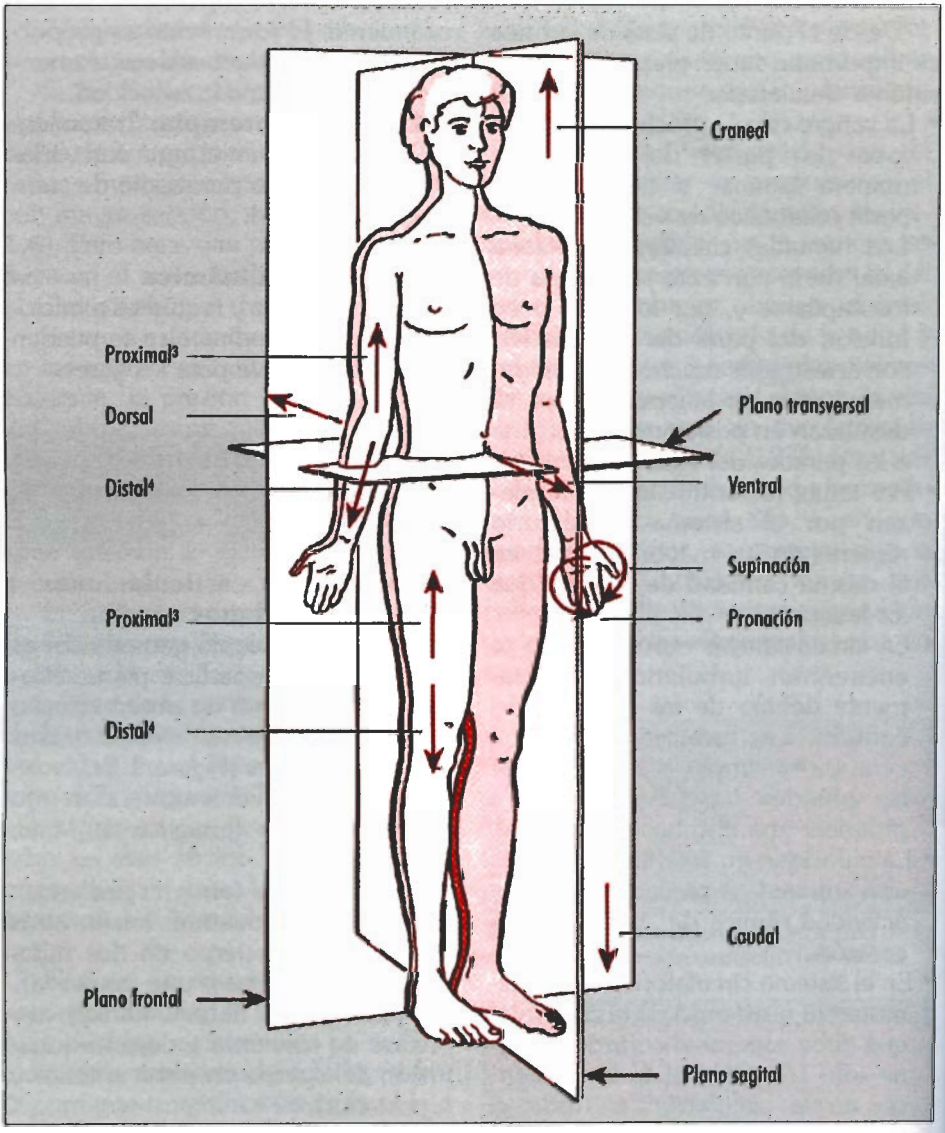


Figura 1.8: *Planos y direcciones funcionales (según Alverdes, Tittel, Groves y Camaione).*

[3] *Proximal: Más cerca de un centro, tronco o línea media;opuesto a distal. (N de la T.)*
[4] *Distal: Remoto, periférico, más alejado del centro, origen o cabeza; opuesto a proximal. (N de la T.)*

En el punto de encuentro de los tres planos se encuentra el centro de gravedad de un cuerpo.

Ejes

La línea de corte de dos planos constituye un eje. El movimiento se realiza alrededor de los ejes que constituyen los tres planos mencionados.

En los movimientos del cuerpo humano, que por anatomía no pueden realizarse más que en las articulaciones, se distinguen movimientos de uno, dos o más ejes. De ello se desprende que las direcciones de los movimientos pueden ser unidimensionales, bidimensionales o pluridimensionales.

Nota recordatoria: El eje de cualquier movimiento humano está en la articulación. Es una particularidad de las condiciones anatómicas del ser humano que todas las articulaciones distales de las extremidades sean puramente de un eje, y las proximales (hombro y cadera) sean pluridimensionales; también existen articulaciones de movimiento bidimensional. Esta estructura gana significado cuando analizamos la forma de movimiento del ser humano. El proceso de movimiento nunca está libre de rotación. Incluso los movimientos claramente de avance se componen de una suma de muchas rotaciones elementales.

Los *componentes fundamentales del movimiento del cuerpo humano* son:

- Movimiento de bisagra o charnela (uniaxial, flexión-extensión).
- Movimiento de bisagra con componentes de rotación (rodilla, codo).
- Movimientos de rotación (tridimensionales, cadera, hombro).

Durante un movimiento de rotación es posible que ocurran alargamientos de los ejes de movimiento. Por medio de esto, y en determinadas circunstancias, el movimiento puede tener un final distinto del previsto originalmente.

Dependiendo de nuestros ejes de articulación son posibles las siguientes formas de movimiento:

- Flexión (un cuerpo o parte de un cuerpo se dobla).
- Extensión (un cuerpo o parte de un cuerpo se alinea).
- Giro (un cuerpo o parte de un cuerpo gira sobre sí mismo).

Nota recordatoria: Cualquier movimiento (parcial o combinado) se puede reducir a movimientos de bisagra y rotación, y contienen únicamente formas de movimiento de flexión, extensión o giro.

Movilidad y estabilidad de las articulaciones

Nota previa: Móvil y estable son conceptos que se usan de maneras muy diferentes y que tienen contenidos muy variables en nuestro vocabulario; también en el ámbito de la medicina puede ser diferente lo que se quiere indicar. Se habla por ejemplo de "mentes inestables", o se quiere "estabilizar" el sistema circulatorio.

Definimos

- Movilidad como capacidad para moverse.

- Estabilidad como situación de equilibrio o como la capacidad para resistirnos a una fuerza que nos proporcionaría movimiento.

La movilidad de una articulación es dependiente de su construcción, es decir, de sus condiciones anatómicas. Lo contrario de movilidad es estabilidad (Figura **1.9 a-d**).

Nota recordatoria:

- Cuanta mayor movilidad permita la anatomía de una articulación menor será su estabilidad. Esta definición es igualmente válida al contrario.
- Las "herramientas" de la movilidad son las mismas que las de la estabilidad. Decisivo para el resultado es si prevalece un equilibrio de las fuerzas (reposo) o si la suma de todas las fuerzas y momentos de giro que actúan sobre el cuerpo está distribuida irregularmente, por lo que se produce un movimiento.
- El margen de movimiento depende de la estructura ósea de la articulación y por lo tanto no es variable, además de la estructura de su cápsula y de la tensión y dirección del recorrido de los tendones y ligamentos. Estos elementos se ordenan dentro del aparato pasivo del movimiento.

La estabilidad es además dependiente del número y la fuerza de los

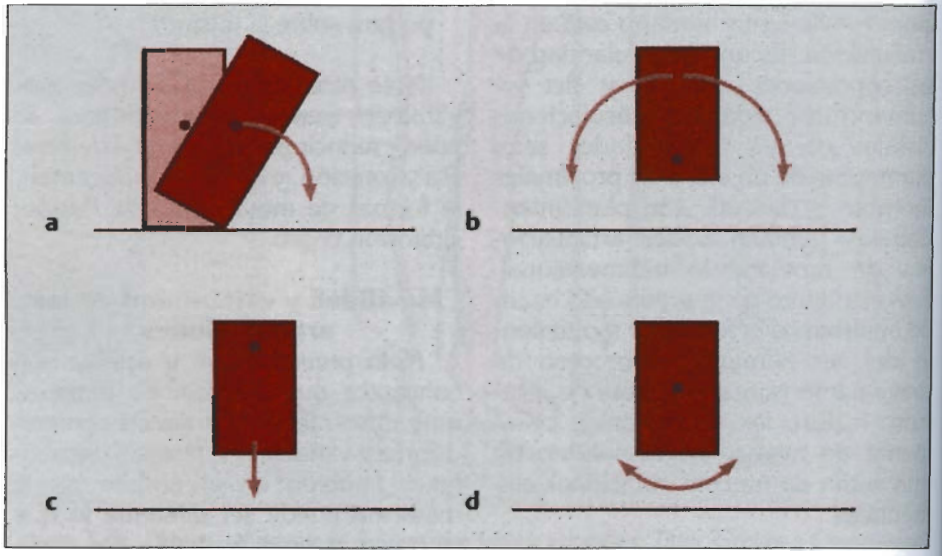


Figura 1.9: *Relación entre centro de gravedad, estabilidad e inestabilidad. (de Müller y Gräfe).* ***a*** *En caso de que la perpendicular bajada desde el centro de gravedad esté fuera de la superficie de apoyo, el cuerpo vuelca.* ***b*** *Centro de gravedad por encima del punto de suspensión = equilibrio inestable.* ***c*** *Centro de gravedad por debajo del punto de suspensión = equilibrio estable.* ***d*** *Punto de suspensión en el centro de gravedad = equilibrio indiferente, el equilibrio no se modifica al girar el cuerpo.*

músculos que rodean el plano de la articulación.

El resultado de cualquier movimiento es el resultado de una acción muscular y su oponente. Ambos determinan la:

- Dirección del movimiento.
- La rapidez del movimiento.
- La fluidez del proceso del movimiento.
- El punto de detención dentro del movimiento.

Nota recordatoria:

- Todos los músculos que nos proporcionan movimiento pueden, con ayuda de su oponente (antagonista), proporcionarnos estabilidad.
- Cualquier movimiento puede, de manera automática, ser detenido, prolongado, llevado a su punto de inicio o a su posición final (estabilidad) durante el proceso del movimiento

Mecánica de los músculos

La articulación es el lugar donde ocurren los movimientos visibles. El movimiento tiene aquí su punto de giro.

El movimiento se hace efectivo contrayendo los músculos que rodean la articulación y que mueven los huesos correspondientes como una palanca cambiando de posición a) uno contra otro y b) contra el centro de gravedad. El movimiento por medio de la contracción de los músculos sólo es posible cuando el contrario de un músculo reduce su acción de tensión en la misma magnitud, velocidad y medida en las que necesita el actor (agonista) para ejecutar momentáneamente el movimiento deseado.

Nota para recordar:

- El movimiento es dependiente de una contracción de los músculos, que tiene su efecto en la articulación.
- El movimiento es dependiente del equilibrio entre la contracción de los agonistas y la correspondiente relajación de sus antagonistas.
- La contracción simultánea y equivalente del agonista y antagonista dificulta el movimiento y conduce a la estabilización de la articulación.
- Las acciones realizadas en el mismo sentido con distintos músculos o grupos de músculos se denominan actividades sinérgicas.

Según las leyes de la palanca correspondientes (ver apartado correspondiente) son decisivas para el efecto de una acción muscular:

- La distancia entre el inicio y el fin del músculo.
- La distancia entre punto de giro (articulación) y el comienzo del músculo.

El *músculo de trabajo dinámico* (Figura **1.10a**) tiene su origen (mecanismo funcional: *punctum fixum*) más alejado de la articulación a la que influye que su fin (A>B).

Ejemplo: M. bíceps braquial.

El *músculo de trabajo estático* (Figura **1.10b**) tiene su origen cerca de la articulación y su fin (mecanismo

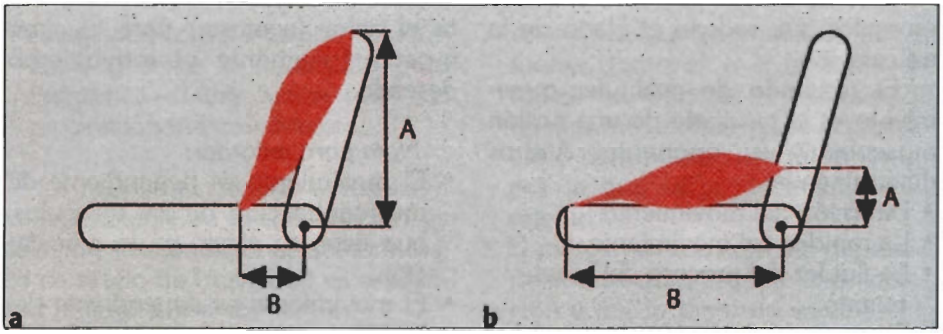


Figura 1.10 a y **b:** *Diferencias de relación de longitud entre el inicio y el fin de los músculos en relación con el punto de giro de la articulación entre músculos* ***a*** *dinámicos y* ***b*** *estáticos (para más información ver el texto).*

funcional: *punctum mobile*) alejado de él (A<B).

Ejemplo: M. aductor corto.

Consecuencias: La actividad de los músculos dinámicos es más rápida, efectiva e interrumpida por menos resistencias para el resultado del movimiento. La fuerza de los músculos estáticos actúa en la dirección del hueso (tangencial).

En el movimiento del ser humano y en la conservación de la postura (que representa una interrupción momentánea del proceso de movimiento actual) se produce una mezcla de trabajo de los músculos dinámicos y estáticos. Cuando en un proceso de movimiento hay que superar alguna resistencia mayor de lo habitual, se genera una sinergia de músculos dinámicos y estáticos.

Fisiología del movimiento

Habíamos definido los movimientos como efecto dinámico de la fuerza y explicado el concepto "trabajo" (que se puede originar con ella) desde el punto de vista físico. En este punto tenemos que acentuar que todos los movimientos representan un papel importante en los significativos factores físicos y energéticos.

El movimiento tiene, por tanto, unos fundamentos físicos y fisiológicos que deben ser tenidos en cuenta para su comprensión.

¿Qué importancia tiene la "fisiología del movimiento"?

El movimiento tiene lugar por medio de la actividad del músculo estriado. Al contrario que el músculo liso de los órganos internos, es la *voluntariedad* la que define el momento y el objetivo del movimiento. Típico de la contracción y relajación de las fibras musculares estriadas es la velocidad de la acción.

La contracción tiene dos formas mecánicas diferentes, teniendo en cuenta la relación de tensión y longitud de las fibras musculares; una tercera forma es la resultante de la combinación de las dos fundamentales (Figura **1.11a-c**). En el próximo apartado se explicarán las formas básicas.

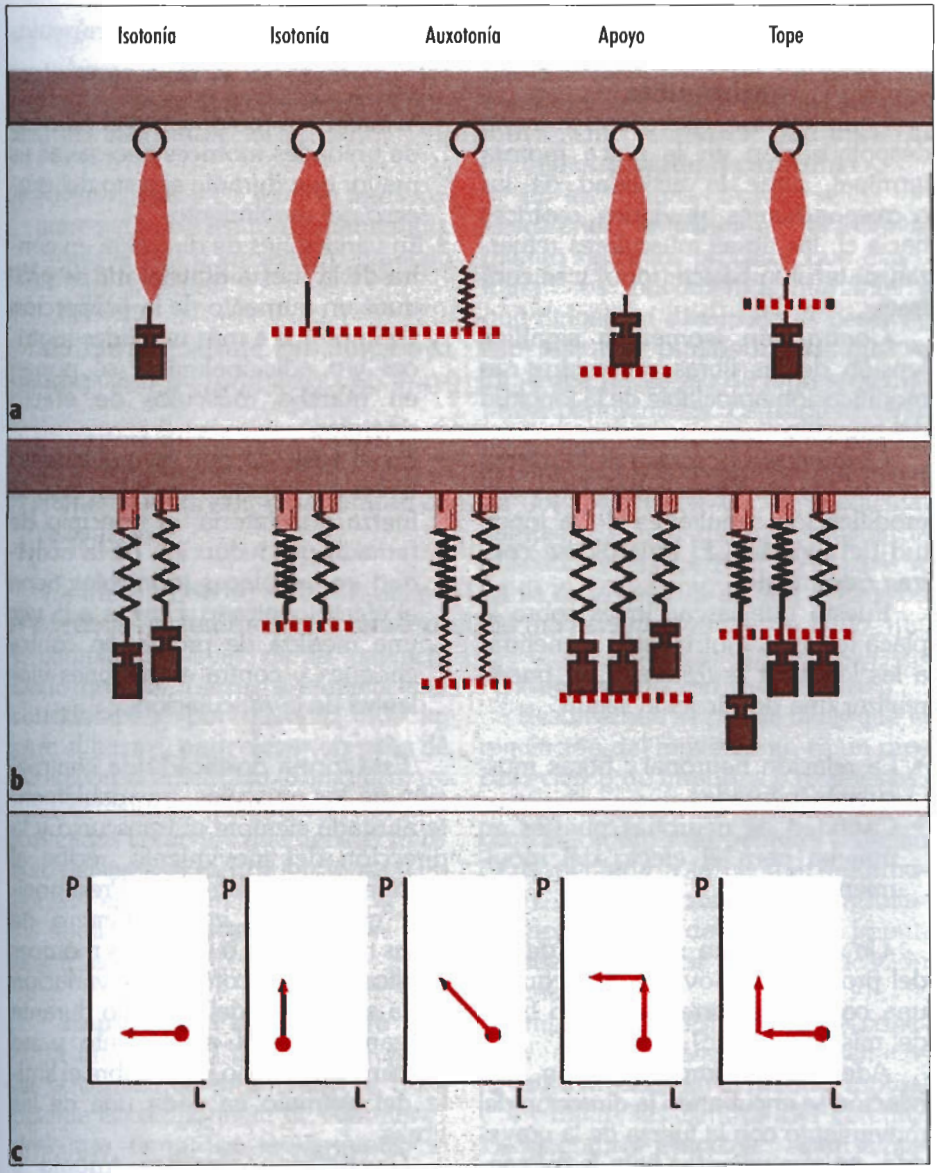


Figura 1.11 a-c: *Formas de contracción del músculo.* ***a*** *Las diferentes condiciones mecánicas.* ***b*** *El comportamiento entre los elementos funcionales intramusculares. Las columnas representan las partes contráctiles y los resortes son las partes elásticas; la representación es amplia y según un modelo.* ***c*** *El diagrama de las correspondientes longitudes-tensiones (de Brecht).*

Contracciones musculares isométricas, isotónicas y auxotónicas

Cada impulso, que conduce a una despolarización en la placa motora terminal, atrae la actividad de las correspondientes unidades motrices hacia sí: las fibras musculares refuerzan su tensión básica (tono) y se contraen.

Contracción isométrica significa tensión de las fibras musculares sin modificación apreciable de la longitud del músculo.

Contracción isotónica es la misma tensión de las fibras musculares con modificación simultánea de la longitud del músculo. El músculo se contrae claramente.

Puesto que las acciones sobre la placa terminal motriz están sometidas a las leyes de la fisiología, se puede realizar una dosificación según:

- La relación neuronal / fibras musculares inervadas.
- Cantidad de neuronas puestas en marcha para el efecto del movimiento.

Un movimiento uniforme (dentro del proceso de movimiento) requiere una contracción irregular (a lo largo del mismo proceso).

Además, es importante en qué relación se encuentren la dirección del movimiento con la fuerza de la gravedad; en movimientos bajo la influencia de la fuerza gravitatoria o sin ella (dependiendo de la posición de partida del cuerpo), y a pesar de que el objetivo planificado sea el mismo, puede suceder que se necesiten procesos de contracción de los músculos totalmente diferentes:

- Al iniciar un movimiento el número de unidades motrices necesarias es mayor que durante el resto del proceso del movimiento.
- En variaciones de dirección en contra de la fuerza gravitatoria se produce un aumento de la proporción de impulsos a más unidades motrices y/o adicionalmente se ponen en marcha músculos de efecto sinérgico.
- En el caso de que el movimiento tenga la misma dirección que la fuerza gravitatoria, el principio de frenado por reducción de la actividad en las placas terminales tiene el efecto contrario. Esto es a la vez una medida de protección contra choques y contra extensiones violentas de la articulación.

Esta forma dosificada de contracción de los músculos, invariablemente ajustada siempre al transcurso y la dirección del movimiento, recibe el nombre de *auxotónica*. Presupone una graduación en el número de fibras musculares o unidades motrices implicadas, así como una variación de la intensidad del estímulo durante el transcurso del movimiento y no descansa en último lugar sobre el límite del estímulo en cada una de las fibras.

Contracción significa trabajo y requiere empleo de energía local. La fuerza de la contracción depende también de la medida de la extensión en reposo y presupone una elasticidad del tejido muscular. El recorrido

de las fibras representa un papel importante para la idoneidad de los músculos para determinados rendimientos de contracción:

- Fibras cortas y en sentido transversal ⇨ trabajo / esfuerzo mantenido.
- Fibras largas y en sentido paralelo ⇨ movimiento.

La fuerza absoluta del músculo la determina

- El número de fibras (corte transversal del músculo).
- Número de fibrillas almacenadas en cada fibra.

La transmisión de la fuerza ocurre a través de los tendones y ligamentos y cumple las leyes de la palanca. Dado que las fuerzas a emplear son considerables (por ejemplo, 200 kg para el bíceps, para elevar un peso de 20 kg con el antebrazo extendido), un tendón contiene (Heipertz 1980) tantos tejidos como los que tiene el músculo del estómago. Los tendones y las fibrillas están entrelazados: aun así, las fibrillas de los tendones son más delgadas.

Impulso del movimiento

El impulso del movimiento parte de la corteza cerebral. Aquí se hace patente el componente de voluntariedad que tiene un movimiento: la orden de la central activa una acción periférica. La transmisión del impulso está unida a procesos eléctricos (conexión nerviosa) y químicos (en la placa motora terminal). Dado que el número de fibras a las que abastece una fibra nerviosa en la transmisión del estímulo puede ser diferente, las contracciones resultantes, así como el movimiento resultante, pueden tener un diferente grado de exactitud.

En las últimas décadas se ha ido descifrando ampliamente el conocimiento sobre los procesos que determinan los movimientos humanos y que dirigen su desarrollo. A pesar de ello aún hay puntos en los que se debe que hacer uso de representaciones experimentales. La fisioterapia se ha compenetrado sobre todo con las experiencias y conocimientos técnicos de los principios de la medicina. También se han usado modelos de reflexión de la cibernética. Así pués se habla cada vez más de una regulación del movimiento.

Regulación del movimiento

Resumiendo se puede decir que la regulación del movimiento es un proceso cíclico de impulsos y respuestas.

Los impulsos se mandan de la central (orden) a la periferia o llegan de la periferia a la central (información). La interacción sobre el resultado momentáneo del efecto del impulso puede conducir a la modificación de una orden.

Importantes "estaciones de conexión" de la regulación del movimiento están situadas en la médula espinal y en diferentes centros del cerebro, los receptores esenciales están alojados en los husos musculares y tendones. Por estos motivos y en condiciones normales se posibilita una adaptación adecuada de los impulsos motores a las posibles exigencias (aceleración o desaceleración de un

movimiento, transformación de un movimiento en una parada, mantenimiento de un movimiento al cambiar la posición del cuerpo).

La transmisión del impulso se realiza por medio de fibras de diferente tipo. Son importantes las conexiones con el cerebelo para la coordinación y para el tono muscular.

Los enlaces entre el "centro regulador" de la motricidad y el del ámbito sensorial son necesarios para incluir la información y los impulsos de nuestros órganos sensoriales y órganos táctiles en el proceso del movimiento, ya que el movimiento no es un objetivo en sí mismo, sino una reacción, un acuerdo y un deseo de expresión frente al entorno.

Preparación y gasto de la energía

Definición de la energía: Energía es la capacidad para desarrollar un trabajo.

Para cada actividad se necesita energía. Esto también es válido para el tratamiento fisioterapéutico, ya que el movimiento es un elemento básico de la fisioterapia y el ejercicio es, desde el punto de vista físico, el efecto dinámico de la fuerza, es decir, trabajo.

¿De dónde toma el cuerpo humano la energía necesaria?

El consumo de energía sólo puede ser cubierto de manera parcial por los depósitos celulares; la célula necesita y usa, simplemente para el mantenimiento de su estructura y tener disponibilidad para entrar en funcionamiento, una cantidad importante de energía.

El ejercicio, por tanto, presupone un incesante suministro, transporte y gasto de energía, a menudo en cantidades cada vez mayores. Esto obliga a una relación íntegra entre la sangre y el movimiento circulatorio.

De manera resumida (para más información ver Fisiología), el cuerpo soluciona el problema de la disponibilidad de energía de la siguiente forma:

Los hidratos de carbono y las grasas son los proveedores de energía para las células, en algunos casos también las proteínas, que son transportados por la sangre tras la ingestión de alimentos. El cuerpo prepara reservas: hidratos de carbono (en su forma de almacenamiento que es el glucógeno) sobre todo el hígado y la musculatura y grasa como relleno debajo de la piel. El exceso de hidratos de carbono hace que éstos se transformen en grasa (isólo por eso engordan las patatas!).

La *liberación de la energía* se produce de dos maneras muy sencillas:

- anaeróbia, es decir, sin ayuda de oxígeno,
- aeróbia, es decir, con ayuda de oxígeno para el catabolismo del "depósito" al transformar la energía.

El *catabolismo anaeróbio* se adecua a usos de energía rápidos y cortos; tiene un efecto útil básicamente inferior al del tipo aeróbio y presupone en las células un sistema de enzimas muy productivo. Como consecuencia de la liberación de energía

anaeróbia de los hidratos de carbono se produce una rápida e intensa acidificación, primero de los músculos que trabajan y después de todo el organismo. Gracias a esto y pocos minutos después se fuerza una compensación del trabajo. Hasta un cierto límite se puede mejorar la elaboración anaeróbia de las sustancias que contienen la energía con *entrenamiento:* al aumentar la cantidad de enzimas en las células se consigue una mejora de la absorción de las sustancias que transporta la sangre. Una actividad enzimática más elevada produce una mejora del aprovechamiento de la oferta (efecto de utilización). Las personas entrenadas necesitan, por tanto, menos sangre en los músculos que trabajan para conseguir el mismo resultado que las personas desentrenadas. El consumo de energía será más económico. Este efecto del entrenamiento se puede conseguir también, dentro de unos límites, a edades avanzadas.

Consecuencias para la fisioterapia: En el tratamiento de pacientes mayores se puede conseguir, por medio de un aumento progresivo y dosificado de las exigencias, un rendimiento mejorado incluso cuando existen problemas circulatorios por motivos de la edad. La relación entre oferta de energía y su uso se hará más económica. Condiciones previas: no tener alterado el sistema enzimático celular. Los trabajos continuados o de larga duración presuponen un *intercambio aeróbio* de sustancias (catabolismo de las reservas de energía por combustión con el oxígeno). El consumo de oxígeno para la preparación de la energía es dependiente del tipo de "portador" de la energía: hidratos de carbono y proteínas necesitan más o menos la misma cantidad de O_2 para su combustión, mientras que las grasas necesitan más del doble (Stegemann 1979). El metabolismo de las proteínas requiere, sin embargo, mucho gasto y está principalmente previsto para otras tareas que no son la obtención de energía. Por ello este método sólo se usa en momentos de necesidad. Hay que pensar que básicamente en el cuerpo no se produce almacenamiento de proteínas. Por ello es necesaria una ingestión diaria de proteínas que pueda cubrir las necesidades de las células (Heipertz 1980); de no ser así "va en busca de la sustancia". El gasto para la movilización y combustión de las grasas es mayor que el gasto para la de los hidratos de carbono, a pesar de que la grasa es la forma básica de almacenamiento de energía del cuerpo. El cuerpo se sirve a sí mismo de la siguiente manera: en casos de mayor necesidad de energía por algún trabajo muscular se tomará la energía de los hidratos de carbono para cubrir esa necesidad. Tras media hora de ejercicio físico continuado se produce un incremento de protección hacia las provisiones de glucógeno que quedan, tras una hora un 90% de la energía necesaria la proporciona la combustión de la grasa.

La *medida del consumo de energía* y el *cálculo del consumo de energía*, por ejemplo, para las distintas actividades y tipos de ejercicio, se realizan hoy en día midiendo la

cantidad de O_2 inhalado y de CO_2 espirado mientras se realiza un trabajo (la denominada calorimetría indirecta). De esta medida se deduce que el consumo de O_2 por minuto está en relación fija y directa con el gasto de energía y que el contenido de O_2 de las células sólo se corresponde con el consumo actual. La parte anaeróbia del trabajo queda desatendida.

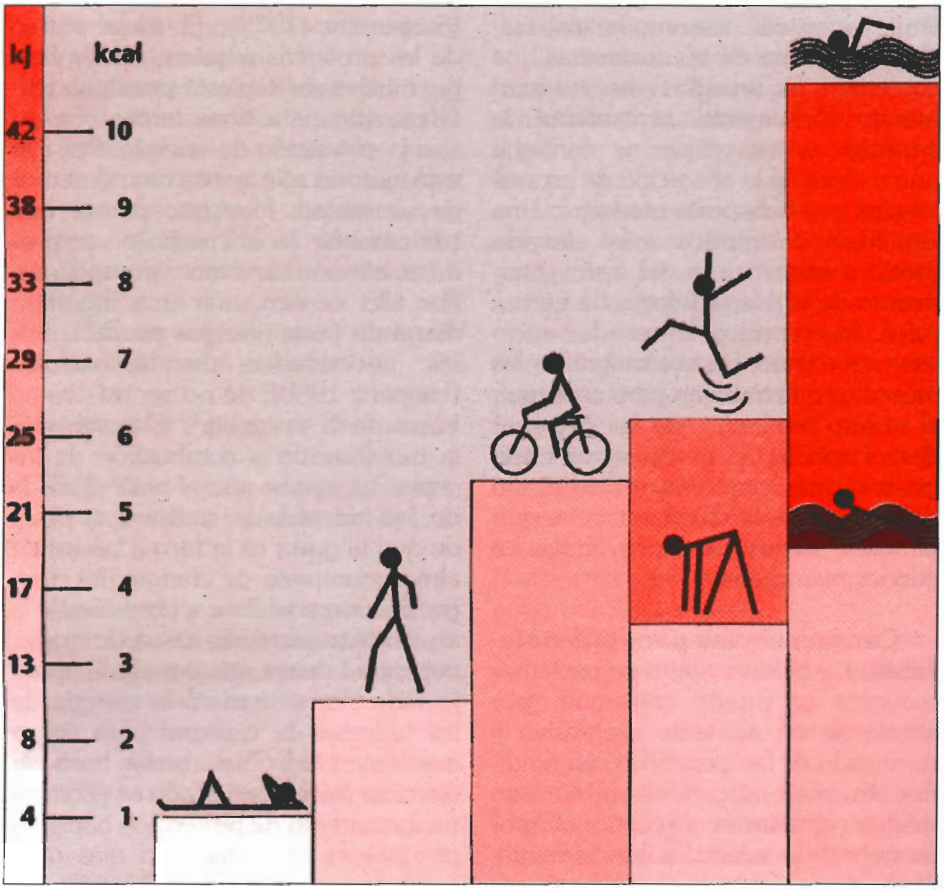


Figura 1.12: *Desgaste de energía en diferentes ejercicios (de Heipertz):*
En reposo (en ayunas) 4 kj ≈ (aprox.) 1 kcal/min
En reposo (haciendo la digestión) 4,6 kj ≈ (aprox.) 1,10 kcal/min
Andando (3 km/h) 10,5 kj ≈ (aprox.) 2,5 kcal/min
Haciendo gimnasia (dependiendo del tempo) 14,7-28,1 kj ≈ (aprox.) 3,5-6,7 kcal/min
Andando en bicicleta (15 km/h) 22,6kj ≈ (aprox.) 5,4 kcal/min
Nadando (1,2-3 km/h) 18,4-44,8 kj ≈ (aprox.) 4,4-10,7 kcal/min.

La figura **1.12** proporciona un panorama general del consumo de energía de los seres humanos en distintas actividades (que también tienen relevancia para la fisioterapia).

Consecuencias para la fisioterapia: Lo más importante a la hora de calcular el consumo de energía en el tratamiento de pacientes es: ¡ningún metabolismo sin agua suficiente! Esto significa:

- El déficit conduce a pérdidas en los procesos de metabolismo (también a procesos de catabolismo de sustancias nocivas) hasta su detención.
- Las personas no entrenadas están básicamente más amenazadas que las entrenadas.
- El déficit se puede producir con sólo sudar; a la vez se produce la pérdida de oligoelementos y minerales importantes.
- Se suele infravalorar las pérdidas a) en niños y b) en ejercicios de larga duración.
- La pérdida se puede medir casi exactamente con la pérdida de peso (¡también antes y después del tratamiento fisioterapéutico!) Gracias a ello es posible realizar una amplia y exacta medición de la reposición de líquidos, necesaria incluso en pacientes bajo tratamiento fisioterapéutico. Debido a la pérdida simultánea de minerales, la mejor forma de reposicón son las aguas minerales y los zumos de frutas.

1.2.3. Estímulo-reacción - adaptación

En este apartado se fundamentará que estímulo y respuesta (incluyendo los procesos de adaptación que puedan surgir) establecen los principios básicos efectivos del tratamiento fisioterapéutico. Todas las terapias con medios físicos –así como las medidas fisioterapéuticas– significan un planteamiento de estímulos. Su efecto descansa en la correspondiente reacción del cuerpo sometido a tratamiento, que se puede diferenciar por completo de uno sano.

Introducción en los conceptos

Estímulo

Definición: Estímulo es una energía susceptible de transformación, que –hasta donde se ha investigado– por excitación de los receptores adecuados, u otros mecanismos, puede influir en procesos vitales y/o de regulación de un organismo.

Entre estímulo y reacción se pueden establecer relaciones. Las magnitudes de la relación que son válidas para todos los estímulos son:

Cualidad del estímulo, es decir, el tipo de estímulo. Los estímulos excitan los receptores o actúan sobre otros mecanismos que sólo responden al determinado tipo de estímulo que pueden asimilar. El tipo de estímulo para un determinado tejido u órgano debe ser "ofertado" en una forma de energía específica. Es decir,

la cualidad del estímulo determina (junto a la dosificación) si se puede o no producir una respuesta al estímulo (reacción). Sólo se responderá a los estímulos adecuados (para más información ver el apartado dedicado a estímulo específico de órganos y tejidos).

Ejemplo: Una señal acústica sólo puede ser reconocida por el oído; no es un estímulo adecuado para el ojo. Puede ocurrir que se den simultáneamente estímulos de diferentes tipos y que sean asimilados también simultáneamente, siempre que los receptores adecuados estén disponibles. Un objeto puede ser duro, amarillo y frío a la vez (pero no puede ser amarillo y azul o caliente y frío).

Intensidad del estímulo, es decir, la fuerza del estímulo. El estímulo debe ser "percibido". La intensidad del estímulo necesaria para empezar a ser notado se denomina "umbral de intensidad". Si no es superado este umbral, el estímulo permanece sin efecto; en caso de que se supere se produce la respuesta al estímulo. La diferencia notable entre estos dos niveles de intensidad se denomina "umbral diferencial". Con ellos experimentamos los avances o disminuciones de intensidad de manera escalonada (por saltos y no en forma continua).

Ejemplos: En hidroterapia es el contraste entre la temperatura de la superficie y la del resto del agua; en la electroterapia, la variación del número de amperios; las pequeñas sensaciones de estímulo provocadas por la fisioterapia en las técnicas del movimiento.

Duración del estímulo, es decir, la duración de un estímulo aislado o el período de efectividad del estímulo. El aumento de los intervalos puede activar medidas de protección del propio cuerpo por las que se ocasiona una negación como respuesta al estímulo.

Concentración del estímulo, es decir, la cantidad de estímulos en unidad de tiempo o secuencia de estímulo y pausa. Tres magnitudes determinan el transcurrir del juego de intercambio *actio-reactio*, que son periodo de incubación o latencia, valor umbral y fase de recuperación (ver Fisiología). Ocurre una sumación por acumulación. Si se interrumpe la fase de recuperación con otro estímulo, la respuesta no será la adecuada.

Alcance del estímulo, es decir, la extensión del "lugar de los hechos" al que se dirige el estímulo. En primera línea el resultado de esta magnitud descansa sobre el número de receptores del estímulo o mecanismos similares existentes en el lugar al que va dirigido el estímulo; pero también se incluye la duración total del estímulo que puede estar compuesto de multitud de estímulos individuales.

En los casos de duración, repetición y alcance de los estímulos hay que tener en cuenta los procesos de adaptación y agotamiento. Cuando el cuerpo no reacciona o lo hace de manera equivocada, hay que variar las magnitudes o incluso introducir pausas de recuperación para poner al cuerpo en posición de poder volver a

responder adecuadamente a un proceso normal de estímulo-respuesta.

Reacción

Definición: Reacción es la respuesta de un ser vivo a un estímulo interior o exterior. La reacción del organismo depende de:

- el *tipo* (cualidad del estímulo) y *dosificación* (intensidad, duración, concentración y alcance del estímulo) de la estimulación,
- el *umbral momentáneo del estímulo*, es decir, el punto de partida de la capacidad de respuesta al estímulo de los distintos tejidos y órganos,
- de la *constitución*. Ésta es, según Heipertz, la suma de las cualidades de un ser humano, las heredadas y las desarrolladas dependiendo del medio en el que se mueve. Es el reflejo de las condiciones previas personales y, por tanto, de la disposición (estado de especial inclinación o propensión) y resistencia (capacidad de resistencia).

Junto a los tipos de constitución tenemos los tipos de reacción. Éstos determinan de manera sustancial la respuesta al estímulo. La medicina deportiva (Nöcker 1980 et al.) ha determinado que la reacción puede ser mejorada, sólo en parte, gracias al entrenamiento y el ejercicio. Se acepta una determinada mejora de los tiempos de reacción. Para la fisioterapia es un factor muy a tener en cuenta el tipo de reacción por tipo de constitución que determina entre otras cosas la aptitud individual para un determinado tipo de deportes. Esto es especialmente conocido en la hidroterapia.

Hoy en día sabemos que cada medida de reacción hacia un estímulo debe tener en cuenta las ordenaciones

Tabla1.1: *Efecto estímulo-reacción en un ejemplo mensurable (de Hildebrant).*

ESTÍMULO DE TENSIÓN (% DE LA FUERZA MÁXIMA)		AUMENTO SEMANAL DE LA FUERZA (% DE LA FUERZA INICIAL)
40-50	Entrenamiento óptimo	+4
30-40	Umbral de entrenamiento	+>0
20-30	Carga diaria	±0
20	Umbral de atrofia	−>0
0	Inactividad (Entumecimiento, inmovilización)	−15

temporales y ligadas a la naturaleza del cuerpo humano. Es decir, existen procesos vegetativos y rítmicos en el organismo, con intercambio entre situaciones de reacciones simpáticas y parasimpáticas (Weimann 1978), que tienen gran significado para los procesos de autocuración (a los cuales apela la fisioterapia como parte fundamental de la terapia física).

Adaptación (acomodación)

Definición: Adaptación es la capacidad para acostumbrarse a un estímulo.

Podemos diferenciar:

- Adaptación a estímulos de intensidad constante y mantenida, lo que conduce a una reducción de la respuesta. Ejemplo: los receptores se adaptan a un estímulo y dejan de enviar impulsos o información. Se produce acomodamiento. Se ha completado el proceso de adaptación.
- Adaptación a estímulos de intensidad creciente, lo que conduce a un aumento de la respuesta. Motivo: el cuerpo posee capacidad para responder a una exigencia con incremento de la capacidad de rendimiento. "El funcionamiento más fuerte modifica la complexión cualitativa del órgano, elevandose su capacidad de rendimiento" (Roux 1895).
- Incapacidad de adaptación; produce daños en nuestro cuerpo y aparece:
  a) Cuando los estímulos son demasiado fuertes. Cuando el organismo (por ejemplo, debido a una exagerada sensibilidad de las partes del cuerpo o de la totalidad) es incapaz de acostumbrarse e incluso de responder siquiera al estímulo establecido.
  b) En caso de falta de estímulos, que son fundamentales para conseguir la función o la forma. Se llega a la atrofia.

Consecuencias para la fisioterapia. Debido a las mencionadas capacidades de adaptación hay que observar *tres niveles de intensidad de la estimulación:*

- **Estímulo de mantenimiento.** Es obligatorio para el mantenimiento de un estado de rendimiento adquirido. Es irrenunciable incluso para la vida diaria, y sobre todo es importante en los pacientes en tratamiento para evitar la pérdida de rendimiento y volumen. Según el principio de adaptación, la intensidad del estímulo, que actúa como estímulo de mantenimiento, es muy diferente a) de persona a persona, b) dependiendo del estado de funcionamiento, es decir, una persona más entrenada, en comparación con otra, necesita un estímulo de mantenimiento mayor.
- **Estímulo de entrenamiento** (válido también para el desarrollo motor): Domina en el deporte. Es utilizable por la fisioterapia siempre que el principio de dosificación tenga totalmente en cuenta las diferencias individuales del rendimiento reducido del paciente. Es mayor que el estímulo de mantenimiento ya que supera el umbral de entrenamiento para determinados órganos.

En deporte se describe el entrenamiento como el proceso biológico de adaptación y se definen los procesos resultantes del mismo como **supercompensación** o sobrecompensación (Figura **1.13**).

La figura refleja que el cuerpo reacciona al estímulo de entrenamiento con un consumo mayor de energía y sustancias en primer lugar y después con cansancio, I.

A esos procesos de catabolización sigue una fase de recuperación con un proceso anabólico de síntesis, es decir, se rellenan los sustratos utilizados, II.

Con ello se cierra el proceso de la supercompensación y se produce una mejora de la función del movimiento que está por encima del nivel inicial del entrenamiento, III.

La consecuencia es que las intensidades de entrenamiento, que en el entrenamiento deportivo se suceden rápidamente, no dejan tiempo al proceso de síntesis, es, decir a la supercompensación.

Puede incluso determinar una reducción del rendimiento conseguido. Se desprende pues que es importante la repetición de los entrenamientos con regularidad para los tratamientos fisioterapéuticos de la fuerza muscular o principalmente los de resistencia. Hay que planear exactamente las pausas que hay que realizar entre las unidades de entrenamiento. En determinadas circunstancias puede ser provechoso no realizar los entrenamientos diariamente sino plantear las intensidades del ejercicio terapéuticamente necesarias durante dos a tres veces por semana.

- **Estímulo excesivo.** No tiene sentido ni para la fisioterapia ni para el deporte. No tiene ninguna reacción de un órgano específico, sino que libera diferentes reacciones inespecíficas generales y locales. Las reacciones locales afectan a músculos, tendones y ligamentos de las articulaciones, y huesos (rotura por

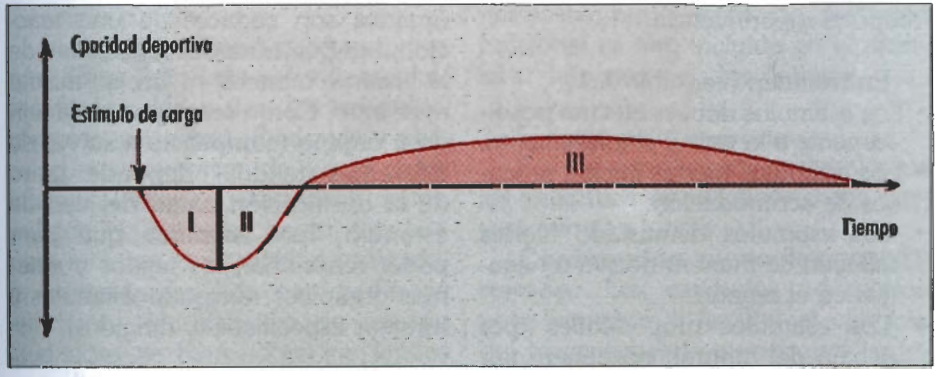


Figura 1.13: *Representación esquemática de la supercompensación. I trabajo del entrenamiento - pérdida de energía y de sustancias (proceso de catabolismo) - cansancio. II Pausa - síntesis - recuperación. III Síntesis de energía y sustancias por encima del nivel inicial antes del inicio del ejercicio - supercompensación (de Völker y cols.).*

cansancio o por marcha intensa). Las reacciones generales se muestran en los sistemas cardiocirculatorio y endocrino. La mayoría de las reacciones locales al exceso de estímulo tienen como resultado dolores debido a interferencias continuadas en el metabolismo local; las reacciones generales al exceso de estímulo afectan a una activación de la producción de cortisol y precipitación de catecolaminas. Uno de los conceptos habituales para tales reacciones al sobreestímulo es el *distrés*. Hollmann (1972) lo entiende como un estrés psicológico y/o físico que no es asimilable.

El estrés es una institución de importancia vital que, además, es conservadora de la vida (*eustres*). Según Hollmann (1972), es la suma de los estímulos que superan el umbral de recepción y que nos afectan consciente o inconscientemente. Sin estímulos por encima del umbral no habría adaptación y, por tanto, tampoco supervivencia.

En resumen (ver tabla **1.1**):

- Los estímulos débiles afectan positivamente a la vida y el rendimiento.
- Los estímulos fuertes inician procesos de acomodación.
- Los estímulos demasiado fuertes influyen de manera nociva o negativa en el órgano.
- Los estímulos muy débiles (por debajo del umbral) no tienen ningún efecto alguno.

Estos procesos se han denominado "regla de Arndt-Schulz". Según Baum (1963), esta regla descansa sobre una confusión histórica; pero las reglas han influido de una manera muy amplia en los principios del entrenamiento deportivo o médico. Son también válidas para la fisioterapia, aunque ello depende de los niveles de reducción de las funciones. En el entrenamiento deportivo y el fisioterapéutico (con los pacientes) es válido, por ejemplo, en el estímulo del ejercicio, en el que lo que inicialmente supone un estímulo funcional muy fuerte, tras los procesos de adaptación se reduce a un estímulo muy débil. La dosis ha de ser elevada. Lo contrario sucede con un estímulo de mantenimiento (de una persona sana) que puede resultar para un enfermo todo un estímulo de entrenamiento, y que, de ser aumentado sin cuidado, puede conducir a una sobretensión exagerada.

Estímulos y reacciones específicos

Todos los órganos o sistemas de órganos son capaces de una reacción, aunque no todos reaccionen de la misma manera ni en el mismo momento. Cómo reaccione cada tejido u órgano (compuesto a su vez de diferentes tejidos) depende tanto de la dosificación como del tipo de estímulo. Esto significa que para poder reaccionar, los tejidos y sistemas orgánicos necesitan estímulos y trabajos específicos (y dirigidos).

Tejido de sostén

Tejido óseo

Como parte pasiva del aparato motor, los huesos reciben carga debi-

do a la fuerza muscular y a la fuerza de la gravedad. Componentes individuales de esa carga y trabajo son las propias partes del cuerpo, tales como las fuerzas de músculos y tendones. Reaccionan a ello con la producción de sus componentes y el direccionamiento de la trayectoria de la materia esponjosa. El reposo continuado conduce a pérdida de sustancia ósea (reducción del contenido en fosfato de calcio = osteoporosis); es decir, los huesos se dañan por la falta de ejercicio. Se puede decir, pues, que el trabajo que suponen la fuerza muscular y la fuerza gravitatoria son un estímulo de mantenimiento para la sustancia ósea. Por medio del uso de la fuerza muscular, por ejemplo, para moverse en la cama en situaciones de reposo continuado, se puede evitar ese peligro. Según Harff (1963), el estímulo específico para los huesos es "una presión alterna en el sentido del eje longitudinal del hueso".

Tejido conjuntivo

El tejido conjuntivo, compuesto por fibras atrofiadas, fundamentalmente de colágeno, en los músculos, cápsulas articulares, tendones y piel, así como en partes de los órganos internos (paredes intestinales, tejido pulmonar), necesita, como estímulo para mejorar la elasticidad reducida, la extensión repetida por medio de ejercicios. "Un ejercicio de tensión cuidadosa se hará sobre los tejidos con alteraciones, por ejemplo, sobre las cicatrices, en el sentido del ajuste de las fibras hacia la dirección de mayor tensión" (Harff 1963).

Tejido cartilaginoso

Se define como estímulo mecánico de crecimiento y mantenimiento a la carga de presión con deformación intermitente, también conocida como "bataneamiento" (*Durchwaldung*) (Kummer 1980). En el caso de deformación morfológica de los cartílagos sin capacidad de regeneración (por ejemplo, debido a una artrosis), el "bataneamiento" sirve para que el movimiento de las articulaciones pueda ser realizado por carga gravitatoria y de la fuerza muscular. Se puede conseguir por medio de "ejercicios ayudados" y/o movimientos de péndulo de las extremidades. Harff (1963) describe "una presión corta y cambiante sobre la articulación con un ligero movimiento giratorio con supresión de la actuación de los músculos que rigen ese movimiento, es decir, en forma de "movimiento pasivo".

Sistemas orgánicos

Dado que los tejidos musculares y nerviosos representan un conjunto funcional se han incluido en el apartado del sistema de los órganos.

Sistema neuromuscular

En los procesos de movimientos los músculos esqueléticos y los nervios trabajan juntos.

Contracción muscular-coordinación: Los estímulos adecuados para fomentar y facilitar el ejercicio del mecanismo de autocontrol (sistema motor reflejo) son:

- Estímulos sensoriales: extensión hacia delante de los músculos, pre-

sión y estiramiento en las articulaciones (deformación mecánica como estímulo de los órganos sensoriales propioceptivos), estímulos táctiles, visuales y acústicos (tocar y ver el movimiento, órdenes).
- Reflejos para el mantenimiento de la postura: adoptar diferentes posiciones corporales teniendo en cuenta la postura y los movimientos de la cabeza y las extremidades, unido a presión y estiramiento manual para provocar el desequilibrio (para el desempeño de las reacciones de apoyo y equilibrio).

Optimización de la coordinación muscular-automatización:

El estímulo adecuado para la mejora de la coordinación de los procesos del movimiento y la automatización del desarrollo de los reflejos necesarios es la repetición continua, bien consciente bien inconsciente, de un tipo de movimiento. Se evita la inervación innecesaria del músculo (movimientos adicionales que interfieren), se normaliza la fuerza y distribución del músculo, es decir, se tienen en cuenta la tensión y distensión obligatorias de agonista y de antagonista, se reduce el consumo de O_2 por los músculos hasta la cantidad necesaria, y se proporciona el transporte completo del producto final del metabolismo.

Fuerza muscular: El estímulo específico para aumentar la fuerza muscular es la tensión muscular, que ha de superar el umbral de entrenamiento. Según Hettinger (1980, 1983), este umbral está por encima del denominado margen de la indiferencia, que es una fuerza de adaptación que está dentro del margen de trabajo diario y que supone entre el 20 y el 30% de la fuerza máxima posible que tiene un músculo (100% = la fuerza máxima que puede producir un músculo en una determinada posición). En tensiones de fuerza por encima de ese 30% hablamos de efecto de entrenamiento. El músculo reacciona a un estímulo de tensión primero con el uso de un gran número de unidades motrices; después, en relación con una mejora del estado de entrenamiento para una determinada intensidad de trabajo, con la movilización de un número inferior de unidades motrices y finalmente con hipertrofia. La hipertrofia se manifiesta como un crecimiento del diámetro de las fibras musculares individuales; entre otras manifestaciones se observa el aumento de las miofibrillas. Con ambas formas de trabajo, contracción estática-isométrica y contracción dinámica, se pueden asentar los estímulos del entrenamiento de fuerza.

Resistencia muscular: El estímulo adecuado para la *resistencia muscular local y aerbia* es la realización, siempre que sea posible, de una gran cantidad de repeticiones de un ejercicio con contracciones dinámicas de los grupos de músculos pequeños y medianos (brazos, piernas, es decir, menos del 1/6 a 1/7 de los músculos esqueléticos). La frecuencia del ejercicio y la tensión de los músculos deben ser submaximas, no deben superar, por poco, el límite de trabajo individual. Sólo entonces se pueden des-

arrollar los cambios rítmicos que ocurren en las contracciones musculares dinámicas en el caso de facilitación y energía aer´´obia como mínimo de 3 a 5 minutos (sin cansarse). Los músculos reaccionan con procesos de adaptación hemodinámica y metabólica (capilarización, mejor distribución intramuscular de la sangre, incremento de las mitocondrias, aumento de las enzimas de efecto aeróbio en las células, entre otros). Esta reacción permite, por término medio, una mejor utilización del oxígeno y las sustancias alimenticias en el músculo. De esta manera se puede reducir la afluencia de sangre en determinados ejercicios.

Una frecuencia de ejercicio elevada y una gran tensión muscular, es decir, más partes de contracción muscular estática en las contracciones dinámicas, conducen a una facilitación de energía principalmente anaeróbia. El músculo se cansa antes, y la resistencia para los efectos del entrenamiento se queda corta.

El estímulo adecuado para la mejora de la *resistencia muscular local anaeróbia* es un ejercicio de la musculatura con una gran resistencia de manera que crece la fuerza estática y dinámica. En los casos de gran tensión muscular se comprimen los capilares del músculo y éste mantiene la propiedad de proporcionar energía, sin añadir oxígeno, durante un período de tiempo mayor que en el caso de las personas desentrenadas. La adaptación necesaria tanto física como química para conseguir este efecto es aún hoy desconocida.

Sistema cardiocirculatorio

Regulación de la circulación: El estímulo adecuado para mejorar la *regulación ortostática inmediata* en el caso de tendencia al colapso (regulación ortostática temprana) es la repetición a lo largo del mayor número de minutos de un ejercicio con las dos piernas con la mayor tensión posible, es decir, la parte estática de la tensión muscular. La reacción en el caso de la contracción muscular estática (isométrica) es el aumento de la presión sistólica y en menor medida también de la diastólica. La razón principal es una compresión de los capilares cuando la contracción isométrica está por encima del 15% de la fuerza máxima que es capaz de desarrollar un músculo. Con ello aumenta la resistencia vascular periférica y el resultado es un aumento de la presión sanguínea.

El estímulo adecuado para la mejora de la regulación circulatoria bajo trabajo es el entrenamiento con resistencia aeróobia en general (ver rendimiento circulatorio).

Riego sanguíneo vascular: *Capilares:* En fisioterapia, el estímulo adecuado para la capilarización. es decir, superficie capilar aumentada a largo plazo, es la realización de un número de repeticiones de ejercicios con contracciones musculares dinámicas (ver resistencia muscular aeróbia local). El estímulo adecuado para la ampliación de los capilares a corto plazo (*hiperemia)* se consigue por medio de contracciones musculares dinámicas y estáticas:

- Series de ejercicios con contraccio-

nes musculares dinámicas. Tempo (velocidad) y cantidad de tensión muscular deben permitir una resistencia de 1 a 3 minutos, para que la acidificación inicial del músculo conduzca a la ampliación de los capilares (hiperemia de trabajo).

- Contracciones estáticas del músculo a un 60-100% de la fuerza máxima posible durante unos 10-15 segundos, para que ocurra una reducción del riego sanguíneo por la compresión de los capilares. Tras la reducción de la tensión muscular aparece una mayor dilatación de los capilares (hiperemia reactiva).

Arterias: El estímulo adecuado para la aceleración del torrente sanguíneo y aumento del volumen sanguíneo en las arterias por apertura de las arteriolas es la realización de series de ejercicios con contracciones musculares dinámicas (ver resistencia muscular aeróbia local y resistencia general).

Venas y vasos linfáticos: El estímulo adecuado para la aceleración de la corriente en las venas y vasos linfáticos es la repetición de un número de series de ejercicios con contracciones musculares dinámicas, bombeos musculares y articulares (Ehrenberg y Von Ungern-Sternberg 1987). La fuerza del ejercicio, es decir, la intensidad de la tensión muscular, debe permanecer dentro de los límites individuales de resistencia para facilitar un buen número de repeticiones.

Rendimiento circulatorio: El estímulo específico para mejorar el rendimiento circulatorio consiste en el entrenamiento de la resistencia general (aeróbia). Para ello es necesario realizar ejercicios musculares con más de 1/6-1/7 de todos los músculos esqueléticos, como poco durante 10 minutos y utilizando al menos el 50% de la capacidad máxima del sistema cardiocirculatorio. Como parámetro para la medida de la magnitud del rendimiento del sistema circulatorio se puede usar la frecuencia cardíaca, dado que este valor aumenta de manera lineal con el ejercicio. El *umbral crítico de estímulo para la frecuencia cardíaca* para la aparición del aviso de adaptación se calcula para los adultos desentrenados y sanos con la siguiente *fórmula*: 180 menos la edad en años, es decir, para un hombre de 50 años la frecuencia cardíaca de entrenamiento debe ser de 130 lat/min. Esto en caso de un entrenamiento en el margen inferior (entrenamiento suave), que también es válido para un entrenamiento de rehabilitación. El deportista de elite (profesional) ejercita la resistencia general aerobia en el margen superior de la capacidad del organismo y dependiendo de su edad alcanza frecuencias cardíaca de 190-200 lat/min.

La adaptación consiste en:

1. una economía del trabajo del corazón según los siguientes factores (Hollmann 1972):
   - disminución de la frecuencia cardíaca en reposo y en ejercicios de los márgenes inferiores de carga,
   - en muchos casos reducción vigilada de la presión sanguínea sistólica,
   - reducción de la contractilidad,

- alargamiento de la resistencia sistólica y diastólica,
- reducción de la secreción de catecolaminas en determinados niveles de entrenamiento;

2. una mejora del riego sanguíneo periférico, o las apariciones de adaptación de las partes más periféricas del cuerpo, que se mencionan en la resistencia muscular aeróbia local.

Reacciones erróneas o excesivas de tejidos y sistemas orgánicos

- Piel: encogimiento de cicatrices (una cicatriz normal, por ejemplo, la ocasionada por un corte, no se encoge), queloide = tumor cutáneo intradérmico.
- Tejido conjuntivo: aglutinación y cicatrización.
- Piel interior de las articulaciones: exceso de estímulos.
- Músculos: hipertonía e hipotonía, miogelosis.
- Huesos: callos blandos (pseudoartrosis), abundancia callosa.
- Regulación del sistema circulatorio: trastornos por hipertonía o hipotonía.

Consecuencias para la fisioterapia

1. El fisioterapeuta debe ofrecer a los tejidos y sistemas de órganos especiales el estímulo necesario en forma de energía específica.
2. El manejo de estímulos es un problema de dosificación y de variaciones, es decir, a) aplicar el estímulo al nivel más bajo, b) en el caso de una reacción inadecuada a un estímulo, el fisioterapeuta debe probar si otra forma de estímulo conduce a la respuesta adecuada.
3. El fisioterapeuta debe ser capaz de reconocer una reacción no deseada.

1.3. RENDIMIENTO E INCREMENTO DEL RENDIMIENTO[1]

1.3.1. Introducción

El tratamiento de fisioterapia tiene como misión, además de la mejora de los trastornos funcionales del organismo, la elevación de la resistencia de los enfermos, la prevención de una disminución del rendimiento y el mantenimiento de las capacidades, incluso si están limitadas por trastornos irreversibles de los órganos. En muchos casos, a través de los tratamientos fisioterapéuticos se deben conseguir las condiciones previas para la puesta en acción de un rendimiento corporal, es decir, las condiciones previas del movimiento. La fisioterapia se debe plantear las siguientes preguntas y buscar una respuesta:

1 ¿Qué factores determinan las capacidades corporales?

[1] *Con la colaboración del Prof. Dr. en medicina R. Rost y del Dr. rer. nat. Sigrid Dordel, ambos de Deutsche Sporthochschule Köln.*

2. ¿Qué suposiciones puede asumir el fisioterapeuta, desde los conocimientos científicos de los progresos de la medicina, sobre el efecto del ejercicio en las diversas funciones corporales?

3. ¿Qué usos puede extraer la fisioterapia –junto con las técnicas de tratamiento fisioterapéutico convencional que no son válidas para las sanas– de los métodos de incremento de la resistencia en los organismos sanos?

Con las técnicas de tratamiento fisioterapéutico convencional nos referimos, por ejemplo, a todas las técnicas que con el término "fisioterapia" designan "motivos neurofisiológicos". Son técnicas para el fortalecimiento de estímulos propioceptivos y exteroceptivos para la inervación muscular a través del conocimiento de la importancia de la extensión muscular, por medio del rozamiento de la piel y el frotamiento y la presión de la piel y los músculos gracias a la presión forzada de manos y pies, a través de la práctica de modelos de movimiento que corresponden al desarrollo motor infantil y que producen, mediando la emisión de estímulos, el desencadenamiento de movimientos reflejos (véase técnicas de tratamiento especiales). De la "medicina manual" se deducen importantes principios de fisioterapia válidos, por ejemplo, para el tratamiento de la movilidad limitada de las articulaciones.

Con el concepto de *rendimiento* se entiende, de un modo general, tanto el proceso como el resultado de acciones, actuaciones y procesos (Röthig 1983).

Los rendimientos corporales del ser humano son, en este sentido, acciones que éste cumple en competencia con su entorno, en el que se coloca, con sus exigencias, en un estado de equilibrio. Los rendimientos se determinan por las capacidades que afectan igualmente al cuerpo y a la psique, como si fueran un todo unificado.

1.3.2. Diferenciación de las capacidades corporales

La capacidad corporal es muy compleja y depende de multitud de factores. Desde un punto de vista fisiológico se divide en *disponibilidad al rendimiento* y *reserva de rendimiento*, puesto que el ser humano posee una capacidad de rendimiento que emplea en diversas proporciones.

Por ello la disponibilidad al rendimiento depende de diversas condiciones. Por un lado las condiciones *externas*, es decir, las del entorno en el que el ser humano trabaja en sus ocupaciones, tanto de un modo corporal, o bien en su tiempo libre o cuando, en el colegio, practica un deporte. Por otro lado están las condiciones *internas*, las de la voluntad de llevar a cabo ese rendimiento, es decir, de la voluntad de rendir, y de su potencia corporal, la llamada *disponibilidad de rendimiento* (Müller-Limmroth 1968). Si se tienen en cuenta las capacidades corpóreas en general, se llega a una clasificación según los escalones de rendimiento que se describen a continuación.

A través del *escalón de rendimiento de las personas sanas* se orienta,

como apoyo a Graf (1954), un esquema (Figura **1.14**) sobre la relación existente entre el rendimiento y la capacidad de rendimiento, así como la periodicidad diaria de esta capacidad (Stegemann 1977).

En este esquema la capacidad de rendimiento se coloca en un 100%. Es evidente que en los rendimientos automatizados no se emplea ni siquiera la mitad de las reservas de rendimiento disponibles.

Estos rendimientos (por ejemplo caminar en llano, los quehaceres diarios del cuidado del cuerpo y de la comida) se realizan sin un esfuerzo de voluntad consciente y con una fatiga mínima. Este escalón también se denomina trabajo ligero (Hettinger 1980). En el campo de la disponibilidad al rendimiento fisiológico están los esfuerzos laborales, sin grandes esfuerzos de voluntad, que llevan a la fatiga (trabajo medio según Hettinger) y que se vuelven a recuperar a través del sueño nocturno. Los rendimientos hasta un 80% de la capacidad, por ejemplo en esfuerzos deportivos de alto rendimiento (Stegamann 1977) o trabajos pesados (Hettinger 1980), se movilizan a través de esfuerzos de voluntad aumentados. Llevan consigo una fatiga más fuerte. El escalón de la disponibilidad al rendimiento fisiológico y las reservas de rendimiento dependen, tal y como muestra la curva de dos máximos de la figura **1. 14**, de la periodicidad diaria. La capacidad de rendimiento mayor está, en la mayoría de los seres humanos, entre las 9 y las 19 horas, y la más baja entre las 14 y las 3 horas. El último escalón muestra las reservas de rendimiento, que normalmente no están sometidas a la voluntad, es decir, las que están protegidas por el sistema nervioso autónomo. Estas reservas se pueden poner en servicio

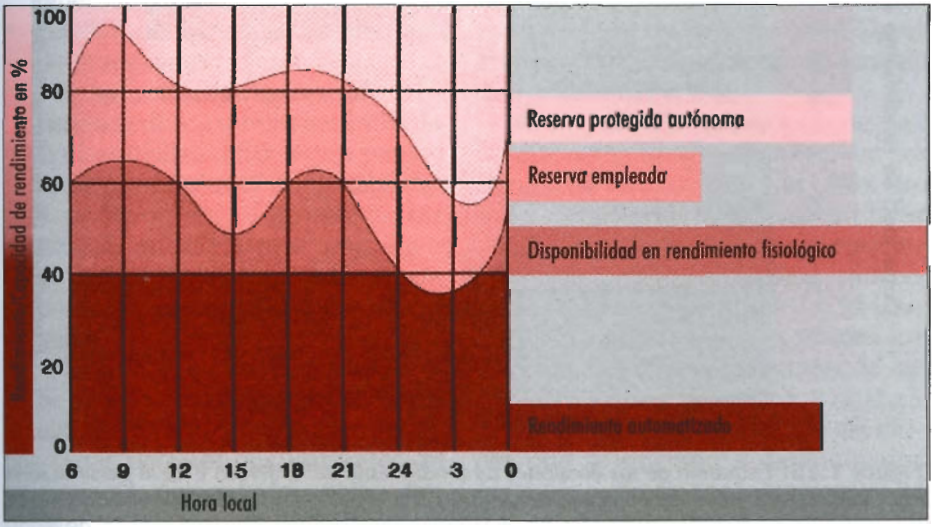


Figura 1.14: *Periodicidad diaria de la disponibilidad de rendimiento (de Graf).*

libremente en situaciones extremas (peligro de vida, emociones) a través de reacciones hormonales (aumento de adrenalina) y provocan un cansancio total.

Los *escalones de la resistencia,* así como el del *esfuerzo del enfermo,* se dividen desde un punto de vista fisioterapéutico en (Figura **1.15**):

- Ambito de las *resistencias muy bajas* durante el reposo en cama o durante la posición de reposo de una extremidad vendada = *inmovilización*. Se guiará, a los enfermos que sean capaces de ello, a moverse, por ejemplo a ejercitar las extremidades que todavía se pueden mover o a llevar a cabo aspiraciones profundas varias veces al día. Estos ejercicios sirven para prevenir la aparición de consecuencias no deseadas, causadas

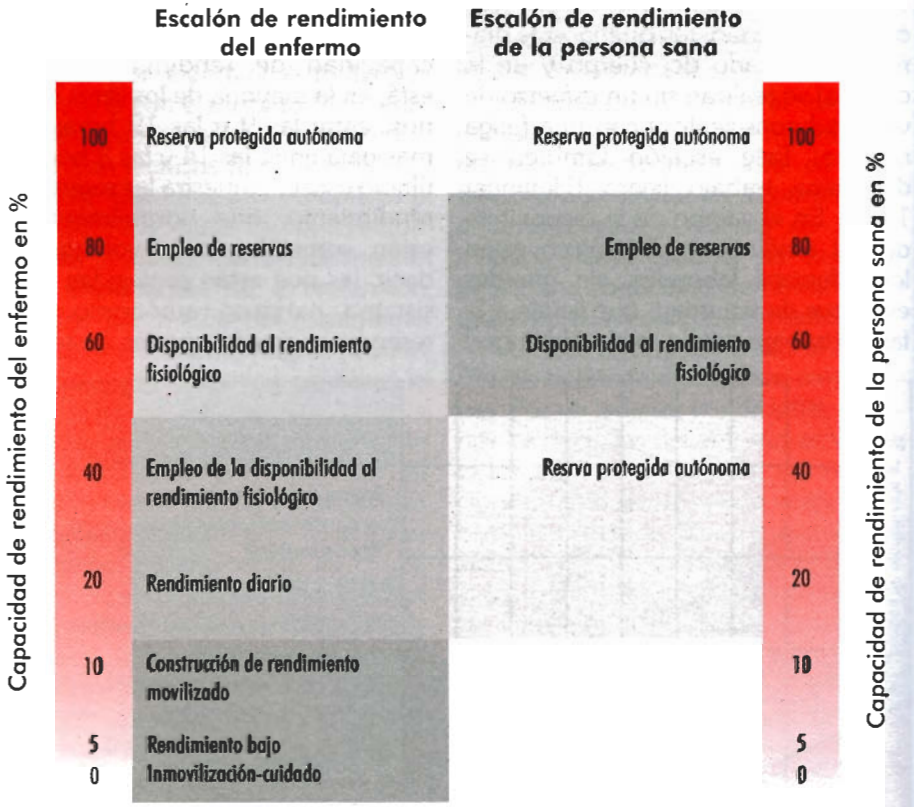


Figura 1.15: *Esquema de los escalones de rendimiento del enfermo y de la persona sana (de Graf). Los ámbitos del enfermo indican un porcentaje como ámbito aproximado. No se basa en estudios científicos. Muestran el hecho de que la salud y las capacidades de rendimiento no són siempre iguales.*

por la falta de movimiento (atrofia muscular, contractura de las articulaciones, disregulación de la circulación, trombosis, neumonías).

- Escalón de la *generación de rendimientos* tras las posiciones de reposo así como la oferta de cuidados = *movilización*. El paciente, según su enfermedad, ejercita, en el marco del tratamiento fisioterapéutico, determinadas formas de movimiento o entrena sus capacidades corporales, por ejemplo la fuerza o la resistencia. Esto sirve para la creación de hipótesis sobre su capacidad de rendimiento diario. En especial en este campo, los fisioterapeutas deben elaborar condiciones previas adecuadas externas e internas, por ejemplo a través de la creación de un entorno amable, a través del apoyo moral y la motivación del paciente para el empleo de su voluntad de rendimiento.
- Escalón de los *esfuerzos diarios* y de *la resistencia diaria*. Si es posible, se produce una elevación sistemática de los rendimientos hasta la disponibilidad fisiológica para el trabajo profesional y las habilidades deportivas. En este tercer escalón el enfermo se encuentra en unas condiciones de rendimiento más bajas que las de las personas sanas.

Si se sigue la división vertical del escalón de rendimiento de las personas sanas de Graf, los escalones de rendimiento del enfermo están por debajo y al lado de los del sano (Figura **1.15**). Algunos enfermos sólo alcanzan el escalón de los rendimientos automatizados y se quedan en este nivel. Para otros, este escalón significa una preparación para los rendimientos de trabajo, alcanzando el escalón de rendimiento del sano. Pero también hay enfermos con dolencias crónicas o impedidos por afecciones irreversibles que, a pesar de su salud limitada, llegan a tener unas capacidades muy elevadas. Pueden movilizar, como los sanos, sus reservas de rendimiento. ¡Salud no es sinónimo de capacidad de rendimiento! El esquema de la figura **1.15** muestra que algunos enfermos crónicos e impedidos alcanzan el escalón de la disponibilidad al rendimiento fisiológico y de las reservas de rendimiento, es decir, en la vida profesional o en el deporte. Pero también queda claro que en el escalón de esfuerzo más bajo los fisioterapeutas comienzan a hacer algo, mientras que, en el escalón más elevado, la actividad reside en el profesor de deporte (también el instructor de ejercicios en la asociación).

La clasificación descrita de las capacidades de rendimiento en el escalón de rendimiento corporal y escalón de esfuerzo se orienta a través del entorno y resulta de una correlación psicofísica. Pero dice mucho menos de los órganos y de las funciones de los órganos que producen los rendimientos. Para la elección de las técnicas de tratamiento fisioterapéuticas son más importantes las divisiones que se orientan a determinados *órganos y funciones orgánicas*. Las siguientes tentativas de clasificación por parte de eminentes médicos y

pedagogos del deporte tienen también un significado para la fisioterapia y se describirán resumidamente.

Desde *el punto de vista de la medicina laboral*, para el trabajo profesional los factores más importantes de capacidad de rendimiento corporal son (Valentin y cols. 1985):

- Fuerza muscular, dividida en fuerza estática y dinámica.
- Capacidad de rendimiento motor, que engloba las características motrices en relación con la coordinación, movilidad y velocidad, y se refiere a la habilidad manual, a la velocidad del movimiento y al dominio del cuerpo.
- Las capacidades de rendimiento cardiovascular y cardiopulmonar, que facilitan el rendimiento de resistencia.

Desde el *punto de vista de la medicina del deporte* se diferencian las siguientes características motrices, que son la base del rendimiento deportivo:

- Características básicas como la flexibilidad, la fuerza, la rapidez y la resistencia, que se refieren a "la capacidad de movimiento" y que se caracterizan como *motor fitness* (buen estado motor general del cuerpo) o también como "condición".
- Características como destreza, habilidad, flexibilidad, es decir, características que se producen a través de la optimización de la coordinación del movimiento (por ejemplo desde un modo burdo en sus principios hasta irlo afinando y, eventualmente, a la formación de los llamados estereotipos de movimiento; véase elevación del rendimiento a través de la práctica) y que son necesarias para la mejora de las técnicas deportivas (Röthig 1983).

Esta clasificación de las capacidades de rendimiento corporal tienen en común que la fuerza, la rapidez, la flexibilidad y la resistencia se consideran condiciones corporales fundamentales para el movimiento, y que la destreza, la habilidad y el dominio del cuerpo están sujetos a una coordinación óptima. Después de esta clasificación, hoy en día en diversos ámbitos de la medicina y del deporte, se ha medido la capacidad corporal, entre otras cosas para la creación de programas de entrenamiento para deportistas, para la supervisión de procesos de fisioterapia y para el enjuiciamiento de las capacidades productivas para el trabajo.

1.3.3. Aumento del rendimiento

Nos limitamos a la descripción de métodos para el aumento de capacidades corporales que contribuyan a la mejora de la *coordinación, la fuerza y la resistencia.* En los enfermos no se usan los entrenamientos de rapidez y fortaleza. Para la mejora de la flexibilidad y para la eliminación de una movilidad limitada de las articulaciones, los fisioterapeutas disponen de gran cantidad de posibilidades. Las condiciones aquí descritas para el aumento del rendimiento corporal son válidas en relación con la mejora

del rendimiento circulatorio, es decir, de la resistencia aeróbia general, particularmente en los adultos sanos, y se deben modificar en los niños teniendo en cuenta la edad. Para el entendimiento de los métodos para el aumento de la resistencia se deben presentar algunos términos de la medicina laboral y del deporte, así como de la práctica del deporte y del entrenamiento, que se explicarán aquí brevemente. Además es necesario el conocimiento de los dos tipos de músculo que ofrecen diferencia en el metabolismo y en la inervación nerviosa:

- La **fibra de "contracción rápida", blanca** (*fast twicht* = fibra FT), también denominada fibra muscular fásica (Rumberger 1982), que es rica en fosfatos abundantes en energía, glucógeno y enzimas procedentes de la producción de energía anaeróbia. Es proveedora, a través de las neuritas conductoras rápidas, de las grandes motoneuronas. Este tipo de fibra es responsable del esfuerzo muscular intensivo y de fuerza elástica en el sentido de *motricidad de objetivo y de movimiento.*
- La **fibra de "contracción lenta", roja** (*slow twicht* = fibra ST), también denominada fibra muscular tónica, es rica en glucógeno pero sobre todo en enzimas del metabolismo aeróbio. Se inerva a través de las lentas neuritas conductoras de las pequeñas motoneuronas de la médula espinal. Este tipo de fibra es responsable del trabajo muscular de pequeña intensidad y de la *motricidad de parada y apoyo* en acción.

"Entre los músculos fásicos y tónicos hay una transición no muy nítida. En el movimiento espontáneo participa la conciencia en el inicio y control del desarrollo motor. Todos los demás movimientos no son espontáneos. Tampoco aquí es posible una división precisa. Por regla general, un músculo estriado se excita de forma espontánea. Pero, por el contrario, organiza unos desarrollos de contracción espontáneos en procesos de regulación no espontáneos y queda controlado por ellos y por influencias reflejas" (Rumberger 1982)

Límites del rendimiento de resistencia, *steady state*, umbral aeróbio-anaeróbio

El ser humano, en su conflicto con las exigencias del entorno, no está preparado para rendir altas prestaciones, sino para disponer de un rendimiento de duración. Para juzgar la capacidad de rendimiento de duración se comprueba los denominados *límites de rendimiento de duración* así como los límites de duración. Por encima de estos límites se produce, en los rendimientos de duración, una fatiga, y el rendimiento se interrumpe. Por debajo de estos límites se encuentran las funciones necesarias para el trabajo muscular en un equilibrio "fluido", el *steady state*, puesto que el organismo siempre se empeña en mantener la "homeostasia". Con ello se designa el equilibrio de las materias constructivas y energéticas, así como las funciones corporales fisiológicas,

como la estabilidad de la presión sanguínea, la temperatura del cuerpo, el valor del pH. Sin la homeostasia el hombre no está capacitado para vivir. Tras el comienzo del ejercicio transcurren (según la intensidad del esfuerzo) aproximadamente entre 2 y 5 minutos hasta que, en la elevación del esfuerzo invariable (continuada), el *steady state* alcanza a diversas magnitudes fisiológicas, es decir, el consumo de oxígeno, el volumen minuto respiratorio, el volumen minuto cardíaco, la presión sanguínea, la frecuencia cardíaca y el incremento del ácido láctico en la sangre. El oxígeno que se transporta en la sangre y el combustible corresponden a necesidades vitales y el producto final del metabolismo será transportado íntegramente. *Un criterio para la determinación de los límites del rendimiento de resistencia es la frecuencia cardíaca.* Aumenta con el esfuerzo y en los adultos se encuentra (según la edad y el estado de entrenamiento) entre 100 y 120 lat./min. Desde el punto de vista de la medicina laboral, los límites del rendimiento de resistencia (así como los límites de la resistencia) para el trabajo corporal se producen al cabo de 8 horas.

Para la *resistencia muscular* los límites del rendimiento de resistencia están en el escalón *del umbral aeróbio-anaeróbio*. Puesto que los músculos trabajan con una tensión fuerte, es decir, con una gran participación estática o a una velocidad elevada, se desarrollan en el escalón anaeróbio de la preparación de energía. Ya no es suficiente la preparación de energía por combustión (preparación de energía aeróbia). Una participación creciente de la energía es proporcionada de manera anaeróbia a través de la creación de ácido láctico. La acidosis resultante, que se hace patente a través de los desagradables "tirones" musculares, obliga a la interrupción del esfuerzo muscular.

Para el rendimiento de duración en los esfuerzos diarios durante el tiempo libre de ocio y en el trabajo, es oportuno permanecer en un escalón por debajo del umbral aeróbio-anaeróbio, ya que un trabajo muscular aeróbio se puede mantener durante más tiempo. Para la obtención de síntomas de adaptación referidos al rendimiento en el organismo se debe, sin embargo, trabajar en el entrenamiento con intensidades de movimiento que estén en el ámbito de los límites del rendimiento de resistencia. El efecto del entrenamiento se muestra en un desplazamiento vertical ascendente del límite del rendimiento de resistencia, de hecho de un modo absoluto, es decir, en vatios, y relativo, es decir, referido al rendimiento máximo. En las personas con entrenamientos de resistencia se desplaza hasta un 90% del máximo, mientras que en las que no están entrenadas se mantiene en el escalón de 2/3 del rendimiento máximo.

Cansancio – recuperación – pausa

El *cansancio muscular,* así como el cansancio periférico, se produce cuando el músculo se empobrece de conexiones energéticas y acumula productos finales del metabolismo. Si los músculos trabajan con contracciones musculares dinámicas por encima

de los límites del rendimiento de resistencia individuales, los depósitos de fosfatos, vacíos durante la contracción, no se vuelven a llenar del todo durante el tiempo de relajación y se produce el llamado residuo de cansancio en los productos del metabolismo. La frecuencia cardíaca se eleva y permanece elevada, durante más o menos tiempo, dependiendo del nivel de cansancio tras el fin del trabajo, lo que constituye igualmente un indicio para el equilibrio de metabolismo existente. La suma del pulso de recuperación, es decir, la suma de los valores de posición de salida del pulso existente en la fase de relajación es un criterio para el examen, en la medicina laboral y del deporte, del grado de cansancio de un esfuerzo corporal. *Los síntomas del cansancio muscular* son, según las proporciones, movimientos disminuidos e inseguros, contracciones musculares retardadas, sensaciones desagradables en los músculos ("tirones", hasta llegar al dolor). En las *contracciones estáticas* por las que, como consecuencia de la compresión de los capilares, se proporciona energía aeróbia, el cansancio se produce pronto. Depende de las proporciones de la fuerza empleada y del tiempo de parada. Si la fuerza está por debajo del 15% del máximo de fuerza ejercida espontáneamente (MVC = *maximal voluntary contraction*), la exigencia de energía es tan pequeña, que este esfuerzo estático puede producirse aeróbiamente. Entonces es posible que se dé una resistencia de parada durante horas. Si por el contrario la fuerza está en el ámbito de porcentajes elevados de MVC (hasta la fuerza máxima) el trabajo estático se puede mantener, debido a la acidez local excesiva, como mucho durante un minuto.

El cansancio se elimina a través de la *recuperación*, y se vuelve a restablecer debido al equilibrio del metabolismo en el músculo gracias al transporte de productos del metabolismo y a través de la reconstrucción de sustratos. Por ello son muy importantes las *pausas de recuperación* en los esfuerzos corporales en el trabajo, el deporte y los tratamientos fisioterapéuticos. Desde la parte fisiológica del trabajo se determinan los valores de descanso de las diversas pausas. Desde un punto de vista experimental se demuestra que, para la recuperación, el principio de la pausa y el primer cuartil de la pausa de descanso son mucho más efectivos que el final de la pausa. En los periodos de pausa que se caracterizan como especialmente "ventajosos" (Figura **1.16**) está aproximadamente el 2/3 del descanso total. Se acuña el término "pausa eficaz" para pausas de descanso incompletas (Lehmann 1962) y su valor se reconoce para pequeños cansancios en trabajos de resistencia. Una determinada forma de trabajo, es decir, el *cambio sistemático de esfuerzos corporales y pequeñas pausas "eficaces"* se ha desarrollado en el transcurso del último decenio en el deporte y en la medicina del deporte en las diversas formas actuales de *"entrenamiento de intervalos"*. La duración de la pausa depende de la intensidad y la extensión del trabajo muscular empleado, así como del esfuerzo. Si, por ejemplo, en el entre-

namiento de fuerzas dinámicas y estáticas se repiten movimientos con contracciones musculares de tensión muscular elevada o se repiten ejercicios con grandes paradas y resistencias de pausa de varios segundos, se deben enlazar *pausas más largas = pausas de descanso reales.* La razón reside en que en las contracciones musculares estáticas y en las contracciones dinámicas con tensión muscular elevada se necesita preparación de energía anaeróbia. Esto precisa un descanso total para que se puedan realizar varias repeticiones. Por eso, hoy en día en el deporte; en los entrenamientos de fuerza, fuerza resistencia (resistencia muscular local) y resistencia general se diferencia entre métodos de intervalo con pausas de descanso "eficaces" (no plenas) y pausas de descanso largas (plenas)

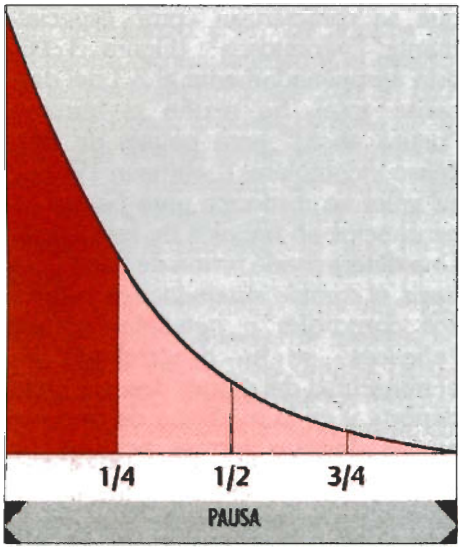


Figura 1.16: *Valores de descanso del primer cuartil de la pausa (de Lehmann).*

(Harre 1979). Por tanto, es válido el principio de entrenamiento: "Cuanto más elevada sea la intensidad del esfuerzo, más larga será la pausa". La duración de la pausa y su organización tienen, en lo que se refiere a la fuerza y a la exigencia de resistencia en la fisioterapia, el mismo significado que en el entrenamiento deportivo.

El *cansancio central* es un proceso psicofísico que se puede unir al cansancio periférico, pero que se percibe exclusivamente en los esfuerzos físicos. Va conjuntamente con la "sensación de cansancio". Los síntomas son:

- Trastorno de la coordinación del movimiento.
- Capacidad disminuida de concentración y percepción.
- Pérdida de motivación.

Ejercicio y entrenamiento

Los términos "ejercicio" y "entrenamiento", así como "ejercitar" y "entrenar", se utilizan por regla general en el lenguaje médico con el mismo significado es decir, son sinónimos. Los médicos y pedagogos del deporte se han esforzado en dar una explicación aclaratoria.

La definición medicodeportiva de Hollmann y Hettinger (1980) hace la siguiente distinción entre ejercicio y entrenamiento:

"*Ejercicio* es la repetición sistemática de desarrollos de movimientos con la intención de una elevación de las prestaciones sin que se conciba la aparición de modificaciones morfológicas (es decir, en lo que se refiere a la forma de un órgano). El ejercicio caracteriza el factor de la coordinación, es decir, sirve para la colabora-

ción entre el sistema nervioso y el sistema muscular".

"*El entrenamiento* apunta a una repetición sistemática de una tensión muscular con vistas a la aparición de adaptaciones morfológicas y funcionales (es decir, en lo que atañe al modo de actuar de un órgano) y que tienen por objetivo la elevación de las prestaciones". Un efecto esperado del entrenamiento morfológico es, por ejemplo, el aumento de volumen de la fibra muscular en el entrenamiento de fuerza; un efecto funcional es la bradicardia de entrenamiento del corazón. El entrenamiento puede incluir también el factor del ejercicio, por ejemplo en "la repetición sistemática del mismo transcurso de movimiento para la elevación de la fuerza dinámica y la fuerza resistencia mejorará también la coordinación" (Hollmann y Hettinger 1980). Del término "entrenamiento" hay que concretar el de *estado del entrenamiento*, que designa el estado de la potencia aumentada y la disponibilidad para prestaciones elevadas en relación con una prestación dada.

Hollman y Hettinger (1980) recomiendan separar los términos *ejercicio y entrenamiento –también en el uso del lenguaje médico–* ya que se trata de procesos diferenciados. Por ejemplo, en los pacientes con graves trastornos orgánicos del corazón, el entrenamiento puede ser dañino, mientras que el ejercicio, a través de la mejora de la coordinación del movimiento, logra un efecto de ahorro de oxígeno (véase elevación de rendimiento a través del ejercicio) y puede ser muy valioso. Por otra parte, los pacientes con pequeños trastornos orgánicos del corazón pueden entrenar en cierta medida y esto se ha evidenciado como una experiencia muy positiva con pacientes en "grupos de entrenamiento" en contraposición a los "grupos de ejercicios" (grupos ambulatorios cardíacos = grupos de enfermos que han superado infartos de miocardio)

En las *definiciones pedagógicas*, ejercicio y entrenamiento se diferencian de un modo parecido. Por *ejercicio* se entiende la ejecución repetida de habilidades deportivas para la mejora de la coordinación. En las clases de deporte a menudo se incluye el ejercicio dentro del ámbito del *aprendizaje del movimiento*. Lo más habitual es la división del aprendizaje del movimiento en tres fases. En la primera fase (coordinación gruesa o tosca) el estudiante adquiere una idea del transcurso de los movimientos que se van a aprender y se llevan a cabo, aun cuando sea de forma insegura, los primeros movimientos. Esta fase se caracteriza por una gran irradiación (extensión de la excitación), es decir, los impulsos nerviosos se extienden por encima del ámbito de los músculos necesarios para la ejecución del movimiento. Los movimientos son toscos e inseguros = forma tosca. La segunda fase es la de coordinación fina. Sirva para la adquisición de una forma fina. A esta fase sigue la tercera, que estabiliza el transcurso del movimiento y lo automatiza (Meinel 1977). En la terapia respiratoria fisioterapéutica esto se ha orientado a la cibernética del *modelo orientado de aprendizaje sensomotor* de Ungerer (1977) para

un aprendizaje rápido y libre de fallos, por ejemplo, de los movimientos de respiración. Ungerer propone una clara división entre el aprendizaje y el ejercicio. Según él, el aprendizaje de ejercicios = habilidades sensomotrices concluye cuando la persona que aprende ha realizado el ejercicio una vez, aun cuando sea de un modo "torpe" e "inseguro". Los movimientos inseguros que provienen de la fase de aprendizaje se modelan por medio de repeticiones sistemáticas –que primero se califican como ejercicio– para llegar a un movimiento seguro y estable.

Bajo el concepto de *entrenamiento* se entiende en deporte la formación de los principios de rendimiento físicos (también características básicas) fuerza-rapidez-resistencia. Las habilidades aprendidas y practicadas se mejoran, ya que se pueden lleva a cabo con fuerza, resistencia y velocidad mayores.

La definición en medicina del deporte y pedagogía del deporte de ambos términos se asemeja en tanto que en ambas disciplinas se entiende por *ejercicio* la mejora de la práctica del movimiento y por *entrenamiento* los efectos de incremento de fuerza, resistencia y velocidad.

Por lo tanto, nosotros *proponemos que los términos ejercicio y entrenamiento se acepten* en el sentido que se ha descrito con anterioridad *en el uso del idioma fisioterapéutico.*

1.3.4. Aumento de las prestaciones a traves del ejercicio

El ejercicio, es decir, la repetición frecuente de éste transcurso de movimiento mejora la **coordinación** del mismo. Los efectos se muestran:

1. En la automatización del transcurso del movimiento.
2. En la disminución del gasto de inervación.

Con respecto al apartado 1. El proceso dirigido conscientemente por la corteza cerebral se traslada a la parte más profunda del cerebro, de modo que el transcurso del movimiento no necesita ser consciente y se genera un modelo óptimo de movimiento para el tipo del movimiento ejercitado. Esto permite que se observe un "flujo de movimiento armónico", un gran dominio y seguridad del movimiento.

Con respecto al apartado 2. Los músculos trabajan sólo con la inervación necesaria, sin otros movimientos innecesarios. El transcurso del movimiento es más económico, ya que se ahorra energía y, con ello, oxígeno. La reducción del empleo de energía para el rendimiento llevada a cabo a diario será analizada por los fisiólogos del trabajo y por los médicos del deporte.

La figura **1.17** muestra la disminución del empleo de energía para una actividad que se realiza a diario. La columna de los días de trabajo muestra el empleo de energía del primer día, en estado de no ejercitación. Posteriormente, después del segundo y tercer día, el empleo de energía asciende, lo que, según Lehmann (1962) es el resultado de las agujetas. Se observa claramente que desde el tercer día al noveno el consumo de oxigeno va siendo continuado y más

bajo para después alcanzar valores constantes (Stegemann 1984). Las experiencias de Liesen y Hollmann (citados en Hollmann y Hettinger 1980) sobre el efecto del ejercicio en un rendimiento de carrera de un corredor de bicicleta y un nadador entrenado en resistencia y acostumbrado a la carrera, demuestran un claro ahorro de oxígeno de un 13%. Esto se observa tras una carrera diaria de entre 15 y 30 minutos de duración después de 2 a 3 semanas (Hollmann y Hettinger 1980). Si de todas formas se sobrepasan unas cifras determinadas de repeticiones de movimiento, empeora la coordinación, tal y como pueden mostrar los médicos laborales a la hora del examen de la habilidad manual. Hasta 150 repeticiones del mismo ejercicio se incrementa el efecto del ejercicio, y con un número más elevado empeora la coordinación (Hettinger y Seifer, citados en Hollmann y Hettinger 1980). Los movimientos se hacen inseguros, lentos e irracionales, ya que se emplean más músculos.

"Los efectos del ejercicio" se reconocen siempre en el tratamiento fisioterapéutico cuando el paciente ha aprendido el ejercicio durante aproximadamente dos semanas y ha llevado a cabo las fases del movimiento con más seguridad, con un flujo de movimiento visiblemente "armónico", y puede repetirlo a menudo, ya que su resistencia ha aumentado como consecuencia del menor gasto de energía.

La colaboración de varios grupos de músculos se designa como **coordinación intermuscular** y se mejora a través del ejercicio. La **coordinación intramuscular** se limita cuando varias unidades motrices de un músculo se inervan a la vez. Esta capacidad mejora a través del entrenamiento y con ello también aumenta la fuerza muscular.

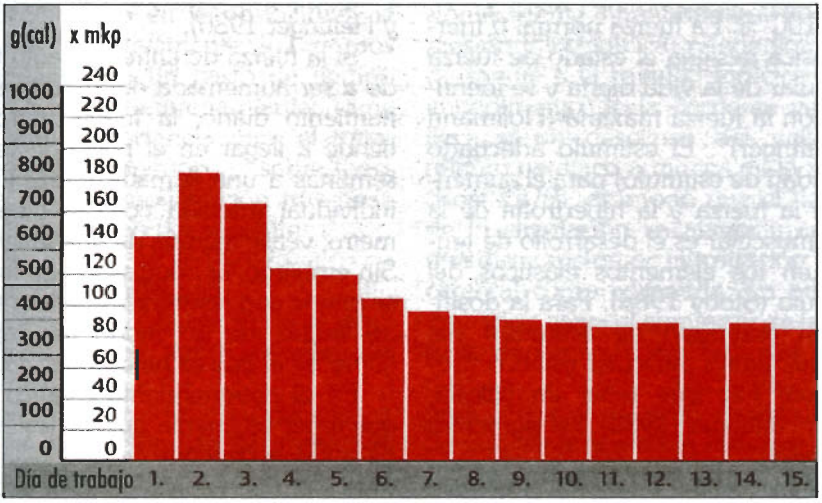


Figura 1.17: *La influencia del ejercicio en el empleo de energía (de Lehmann).*

1.3.5. Aumento de las prestaciones a traves del entrenemiento

Entrenamiento de la fuerza muscular

El músculo desarrolla fuerza a través de la tensión que, debido a las dos formas de trabajo existentes, se denomina fuerzas **estática** y **dinámica**. Con una tensión elevada, la fibra muscular reacciona con un aumento (aumento de volumen = modificaciones morfológicas visibles), de modo que se incrementan tanto la fuerza como la sección transversal.

Entrenamiento de fuerza estática

La fuerza estática, es decir, "la fuerza de parada es la tensión que un músculo, en una posición corporal, es capaz de ejercer espontáneamente contra una resistencia fija. En la máxima tensión muscular espontánea estática, la fuerza empleada se designa como *fuerza máxima*, que equivale al 100 %. La fuerza normal o fuerza básica designa el estado de fuerza muscular de la vida diaria y se identifica con la fuerza máxima (Hollmann y Hettinger)". El estímulo adecuado (cualidad de estímulo) para el aumento de la fuerza y la hipertrofia de la fibra muscular es el desarrollo de tensión en los elementos elásticos del músculo (Stoby 1988). Para la dosificación (cantidad de estímulo) del entrenamiento muscular estático (isométrico) hay que tener en cuenta, según Hettinger (1983), los siguientes factores:

Intensidad del estímulo: Si el músculo se tensa con una fuerza máxima del 20–30%, se mantiene la fuerza muscular, ya que este ámbito se corresponde con el nivel de esfuerzo del trabajo diario, que se puede mantener durante varias horas. En desarrollos de tensión bajos y en frecuencias de tensión, el músculo pierde fuerza y se atrofia en sentido transversal. El umbral del estímulo de entrenamiento debe estar por encima del 20–30 %. El mejor efecto de entrenamiento posible se logra cuando se ha empleado del 50 al 70 % de la fuerza máxima.

Duración del estímulo: Se debe alcanzar, en el ejercicio de fuerza, entre el 50 y el 70 % de la fuerza máxima durante unos 5–10 segundos y, con el uso de la fuerza máxima, durante 2–3 segundos.

Alcance del estímulo: La cifra óptima de contracciones estáticas es 5 por día, lo que quiere decir que contracciones practicadas con más frecuencia no llevan a un aumento de la fuerza (Josenhans 1962, citado en Hollmann y Hettinger 1980).

Si la fuerza de entrenamiento tiende a ser aumentada durante el entrenamiento diario, la fuerza muscular tiende a llegar en el plazo de varias semanas a una llamada fuerza límite individual (medida con un dinamómetro; véase medida de rendimiento). Sin embargo, la adquisición de fuerza se pierde con resistencias deficientes y de hecho, de un modo tan rápido como en el que se ha establecido.

En el entrenamiento estático hay que tener en cuenta que el desarrollo de la fuerza depende de la longitud del músculo, que varía según sea la posición angular de la articulación. En el

deporte se deben elegir las posiciones que correspondan a las fases más complicadas del tipo de deporte.

A continuación hay que tener en cuenta que los músculos del tronco están más especializados en la parada (motricidad de apoyo), y la mayor parte de los músculos de las extremidades en el movimiento (motricidad de objetivo). La debilidad de los músculos de la espalda y los abductores se debe tener en cuenta selectivamente en el entrenamiento de fuerza estático en la fisioterapia. Aquí no podemos tratar las otras dependencias del entrenamiento muscular (véase en la bibliografía Hettinger 1983).

Para encontrar en la práctica de un estímulo adecuado de entrenamiento el porcentaje de la fuerza máxima, Hettinger recomienda que las personas sanas entrenen con fuerza máxima durante 2–3 segundos de tiempo de adaptación diario, con 2–3 repeticiones.

Las ventajas de un entrenamiento estático residen en la posibilidad de entrenar selectivamente los grupos musculares con un gasto de tiempo mínimo para el entrenamiento. Tiene una gran importancia para el tratamiento fisioterapéutico y, sobre todo, en la fase de movilización tras posiciones de reposo del paciente.

Las desventajas son:

a) La educación de fuerza no se logra en el marco del transcurso del movimiento.

b) Las contracciones estáticas causan una limitación de la irrigación muscular a causa de la compresión capilar. La irrigación se debe interrumpir totalmente en un 70 % de la fuerza máxima.

c) Inmediatamente después del uso de la fuerza máxima de los grupos musculares más grandes se produce un proceso de presión. Éste, debido a su significado para el tratamiento fisioterapéutico, se explicará con más detenimiento.

Con el cierre de la glotis y la suspensión de la respiración se eleva, a través de la tensión de los músculos abdominales y de una parte de los de la espalda, las presiones intratorácica y la intraabdominal. Simultáneamente se eleva la presión en la zona de la vena cava inferior y superior en una cierta medida (por ejemplo 100 mmHg). En las venas periféricas se produce de igual modo, aunque de forma más retrasada, una elevación de la presión. El transporte sanguíneo desde la vena cava superior en la caja torácica se reduce y de la cava inferior (a consecuencia del paso de la presión existente intraabdominal hacia la presión intratorácica) puede fluir algo de sangre a la cavidad torácica. Este impedimento de la corriente venosa lleva a un descenso del volumen minuto cardíaco a menos de la mitad (Rost 1979), de modo que el tiempo de la circulación se alarga y resulta una disminución de la irrigación tanto cerebral como coronaria. La presión arterial se eleva al comienzo de la presión, de hecho, hasta la altura de la presión. A corto plazo desciende para, después y como consecuencia de una elevación de la resistencia periférica, volver a elevarse. La elevación de la resistencia demuestra un

aumento de la actividad simpática. Tras la eliminación de la presión desciende la presión sanguínea arterial y después asciende debido al aumento del volumen minuto cardíaco ocasionado por la vasoconstricción existente. La frecuencia cardíaca se modifica inversamente a la presión arterial, es decir, cuando la presión sanguínea arterial sube, cae la frecuencia cardíaca. Los síncopes (pequeñas pérdidas de conocimiento) y estados de colapso ocurren antes del proceso de presión. Por eso la forma de respiración a la hora de realizar un entrenamiento de fuerza estático es decisiva. Los pacientes con transtornos circulatorios (hipertensos, con esclerosis coronaria y cerebral, enfermos de corazón, pacientes con obstrucción de las vías respiratorias) deben evitar las compresiones.

Las consecuencias pueden ser:

- Debido a una elevación de la presión arterial en la hipertensión (por ejemplo, por encima de 300 mmHg).
- Debido a la pérdida de volumen minuto cardíaco por disminución de la irrigación coronaria.
- Debido al aumento de la presión de las venas cerebrales y de la presión del líquido cefalorraquídeo por hemorragias perivasculares.
- Debido al estímulo del vago tras la presión hay una tendencia a trastornos del ritmo (Rost 1979).

En estos pacientes con afecciones circulatorias debe evitarse contracciones musculares estáticas máximas así como medirse la fuerza de la tensión muscular de forma que el paciente pueda seguir respirando sin dificultad.

Entrenamiento de la fuerza dinámica

"La fuerza dinámica (fuerza de movimiento) es la fuerza que se puede desarrollar espontáneamente dentro del curso del movimiento" (Hollmann y Hettinger 1980). Para ello es característico la alternancia de contracción y relajación. Se diferencian dos formas distintas:

- La fuerza dinámico-concéntrica (fuerza superada), es decir, el músculo se reduce y la tensión muscular utilizada es mayor que la fuerza exterior actuante.
- La fuerza dinámico-excéntrica (fuerza cedida), es decir, el músculo reúne una "fuerza de frenado" durante el alargamiento muscular y la fuerza que actúa desde fuera es mayor que la tensión desarrollada por el músculo.

Una forma especial de la fuerza dinámica es la fuerza elástica. "Por ella se entiende la capacidad para desarrollar en un tiempo corto una fuerza elevada dentro del curso de un movimiento" (Hollmann y Hettinger 1980), por ejemplo en los lanzamientos, golpes o saltos. Se entrena con los mismos métodos que la fuerza dinámico-concéntrica.

En el curso de un movimiento siempre se puede utilizar exclusivamente una gran tensión muscular, es decir, un empleo intenso de fuerza. Por ello, para el entrenamiento de fuerza dinámica es decisivo el número de repeticiones. Para el entrena-

miento de la fuerza dinámica se utilizas el llamado método de repetición, pero también el método interválico, que sin embargo se utiliza más para el entrenamiento de rapidez y resistencia. El entrenamiento de la fuerza dinámica tiene un gran significado en el deporte. Junto con la elección del método de entrenamiento es esencial el medio de entrenamiento, es decir, si los ejercicios de fuerza se pueden llevar a cabo con o sin un esfuerzo adicional del propio peso corporal. La ventaja del entrenamiento de fuerza dinámica con sus repeticiones del movimiento reside en la simultaneidad de entrenamiento y ejercicio, ya que con la fuerza se mejora la coordinación.

También para la motricidad diaria ambas formas de trabajo de fuerza muscular dinámica tienen un gran significado. Así, por ejemplo, al subir escaleras y al ponerse de pie en una silla la musculatura ventral del muslo ejerce un esfuerzo muscular dinámico–concéntrico mientras que el mismo grupo muscular, al bajar escaleras y al sentarse en una silla, emplea una fuerza muscular dinámico-excéntrica.

El entrenamiento de la fuerza dinámica se divide en :

1. Entrenamiento de la fuerza dinámica-concéntrica: En él la fuerza se desarrolla a través de la resistencia. Se realiza con el cuerpo del que realiza el entrenamiento (extremidades, tronco), manualmente por el que realiza el tratamiento, con aparatos de manos (sacos de arena, halteras) o con aparatos especiales de entrenamiento de fuerza.

Las *ventajas* de un entrenamiento de la fuerza dinámica-concéntrica residen en la simultaneidad de entrenamiento y ejercicio, ya que con la fuerza se mejora también la coordinación intramuscular. También se pueden trabajar selectivamente músculos que toman parte en el curso del movimiento.

Las *desventajas* residen, en particular, en el desarrollo de una tensión no uniforme en el curso del movimiento, es decir, con el comienzo del movimiento y según el ángulo articular se desarrolla una tensión elevada que remite en el curso siguiente. Por ello, en el entrenamiento de la fuerza dinámico-concéntrica, es decisivo el número de repeticiones.

2. Entrenamiento de la fuerza dinámico-excéntrica: En él la fuerza se desarrolla con el estiramiento del músculo en tensión a través de una carga o de la persona que realiza el tratamiento. Ya que los elementos elásticos del músculo se extienden a través de una fuerza externa, se da una tensión adicional hacia la tensión de contracción del músculo.

Las *ventajas* del entrenamiento de la fuerza dinámico-excéntrica residen en la elevada tensión muscular que se consigue con el entrenamiento muscular excéntrico. "El máximo de fuerza excéntrica es un 30-40% superior al del entrenamiento de fuerza dinámico-concéntrica" (Bührle- Schmidtbleicher, citado en Weineck 1983). Además, el trabajo muscular "frenado" precisa menos energía que el trabajo muscular "superado", ya que el consumo de oxígeno es, para el

mismo esfuerzo, esencialmente más pequeño (Hollmann y Hettinger 1980, pág. 177). La tensión muscular mayor, entre un 200 y un 300%, lleva, bajo la resistencia excéntrica máxima, en comparación con la resistencia concéntrica, a procesos de tipo excéntrico por parte del haz muscular fuertemente extendido (Hollmann y Hettinger 1980).

Las *desventajas* residen en el esfuerzo de las articulaciones, cuyas superficies, debido al fuerte efecto de tracción muscular, "presionan considerablemente una contra otra". Se hace comprensible que, por ejemplo, personas con las articulaciones de rodilla alteradas por la artrosis, al bajar las escaleras (debido al trabajo muscular dinámico-excéntrico de la musculatura ventral del muslo) tengan más dolores en estas articulaciones que cuando suben escaleras. También el entrenamiento de fuerza dinámico-excéntrica en el tratamiento de dolencias en las articulaciones de la rodilla y tras operaciones de articulaciones de rodilla se realiza con mucho cuidado o casi no se realiza.

Entrenamiento isocinético

R. Hünig

En la carga muscular isocinética se procede a un desarrollo de la fuerza dinámica. En contraposición al habitual modo de trabajo dinámico, en el que se desarrolla la fuerza en contra de una resistencia fija con una velocidad desconocida, la resistencia isocinética se acomoda a las fuerzas desarrolladas por el músculo, donde la velocidad de movimiento se fija de antemano. La resistencia, que está planteada a través de aparatos, se ajusta en cada punto a las posibilidades de movimiento del ámbito de la fuerza instantánea desarrollada por el músculo afectado.

Así es posible forzar al músculo en su desarrollo fisiológico de fuerza con sistemas isocinéticos de manera proporcionalmente óptima (Figura **1.18**).

La adaptación de la resistencia se alcanza a través de una adaptación del movimiento a una velocidad constante, la cual se decide antes del comienzo del entrenamiento. En los sistemas isocinéticos del Fa. Cybex (figura **1.19**) la velocidad (que se mide como velocidad angular en grados por segundo, °/s) es ajustable de 0 a 500°/s. También es posible llevar a cabo movimientos a velocidades funcionales (velocidad de la pierna al andar, aproximadamente de 230 a 240°/s).

Se alcanza una buena formación muscular con velocidades de movimiento inferiores (30-150°/s); con velocidades más altas se puede preparar los músculos o las articulaciones para un esfuerzo funcional diario.

La acomodación de la resistencia concierne tanto a la fuerza como a situaciones dolorosas y al cansancio, lo que en la rehabilitación es de una significación decisiva.

Los modos de esfuerzo muscular se pueden elegir en el sistema Cybex concéntrica y excéntricamente. Además, es posible que los movimientos se hagan de forma pasiva o pedir al paciente una ejercitación activa asistida. Junto al programa de entrenamiento, la isocinesia ofrece la posibilidad de llevar a cabo programas de

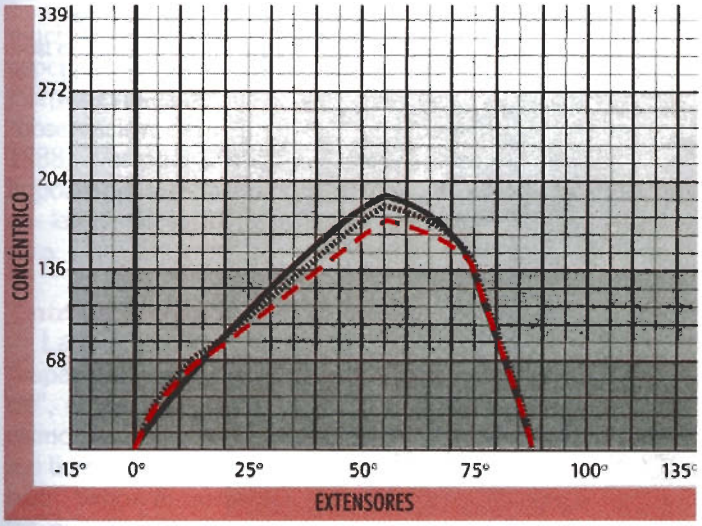


Figura 1.18: *Desarrollo de la fuerza en el m. cuádriceps con 90° de flexión hasta 0° de extensión.*

test para todos los modos de movimientos descritos anteriormente. Aquí se muestra una comparación en los desequilibrios musculares de las extremidades evaluadas también para un gran número de parámetros, por ejemplo,

- desarrollo de fuerza máxima con el correspondiente ángulo articular,
- desarrollo de fuerza en el ángulo articular deseado,
- trabajo efectuado por el músculo,
- rendimiento producido por el músculo,
- fuerza explosiva del músculo (capacidad de inervación),
- cansancio (capacidad de resistencia),
- comportamiento agonista / antagonista
- etcétera.

Estos programas de exploración y entrenamiento se pueden llevar a cabo en el Sistema Cybex de articulación múltiple para 18 modelos de movimiento, tanto con una sola articulación como también funcionalmente (presión en la pierna, diagonal de los hombros).

Fuerza resistencia: Una forma de organización para el entrenamiento de la fuerza resistencia es el entrenamiento en circuito o ciclo, que también ejercita determinados grupos musculares, que se combinan uno tras otro en los programas de práctica.

Entrenamiento de la elasticidad

La elasticidad es una condición indispensable para una buena ejecución del movimiento y debe entrenarse al mismo tiempo que la fuerza. La elasticidad depende de la elasticidad de los músculos, ligamentos y tendones y de una cápsula articular elástica. Las mujeres tienen más elasticidad que los hombres, y en los niños hay que tener en cuenta que su sorprendente capacidad elástica a menudo está relacionada con las debilida-

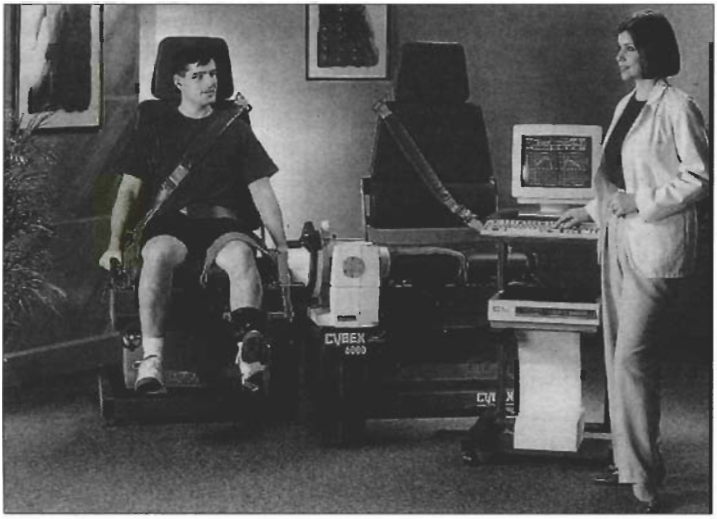


Figura 1.19: *Entrenamiento isocinético con el Sistema Cybex.*

des posturales. Con la edad se reduce la capacidad de elasticidad del tejido. Es importante para la mejora de la elasticidad:

- un buen precalentamiento de los músculos y ligamentos que se van a ejercitar,
- una práctica diaria.

Para el entrenamiento o la práctica de la elasticidad se utilizan en fisioterapia técnicas de estiramiento activas y pasivas:

- Estiramientos pasivos o técnicas de estiramiento producidos por influencias externas:
  - a través de la fuerza de la gravedad,
  - a través del fisioterapeuta.

  El paciente se tiene que relajar muy bien durante el estiramiento pasivo para poder ceder completamente a la influencia exterior. Tiene que suspender sobre todo la tonicidad mínima de los músculos. Si lo consigue, el músculo está poco inervado y es muy capaz de estirarse. Se alargan todos los tejidos conjuntivos y estructuras contráctiles del músculo con sus ligamentos.

- Estiramientos activos o técnicas de estiramiento producidos por el propio practicante:
  - a través de la tensión de los antagonistas (contraproductores), porque los agonistas (productores) se tensan,
  - a través del estiramiento del sistema muscular siguiendo la tensión isométrica (estática), esto es durante la llamada relajación postisométrica. Durante la relajación postisométrica, la tensión es mayor cuanto más fuerte haya sido la contracción anterior.

Hay que evitar un estiramiento rápido, contrario y doloroso. Vale

mucho más llevar al paciente a la percepción de sus facultades de estiramiento, esto es, enseñar al paciente la "observación del cuerpo" (Ehrenberg 1988, Westphal 1988). Esto es muy importante para la práctica individual de las técnicas de estiramiento en casa.

Entrenamiento de la resistencia

La resistencia se caracteriza por la "capacidad de oposición al cansancio", es decir, la capacidad del organismo para aguantar durante el máximo tiempo posible una actividad concreta. Según el número de los músculos que trabajan se diferencia entre resistencia muscular local y resistencia muscular general. Hollmann y Hettinger (1980) distinguen entre:

- resistencia muscular local, es decir, la resistencia de una masa muscular inferior a 1/6-1/7 de la masa del músculo esquelético y
- resistencia muscular general, es decir la resistencia de una masa muscular superior a 1/6-1/7 de la masa del músculo esquelético.

A consecuencia de los dos modos de trabajo de los músculos, esto es, de las contracciones estáticas y dinámicas, con sus liberaciones energéticas anaeróbias y aeróbias, Hollmann y Hettinger (1980) diferencian más el esfuerzo de resistencia (Figura **1.20**).

Métodos para el entrenamiento de la resistencia muscular local y la resistencia general

El entrenamiento de resistencia se lleva a la práctica hoy en día en forma de esfuerzo continuado e intermitente. Sirve para el desarrollo de las llamadas capacidades aeróbia y anaeróbia. Por *capacidad aeróbia* se entiende la captación máxima de oxígeno, la cual es idéntica a la capacidad de transporte de oxígeno por el sistema cardiovascular o también la utilización de oxígeno en el sistema periférico. A través del entrenamiento corporal se llega a una mejora en la recepción de oxígeno o a una mejora en los antecedentes en el cambio de metabolismo aeróbico del músculo. Por *capacidad anaeróbia* entendemos la capacidad muscular de liberar energía por vía anaeróbia, esto es, gracias al aprovechamiento de los fosfatos ricos en energía con producción de lactato. El límite aeróbio-anaeróbio mencionado determina la zona de transición, hasta que se libera energía

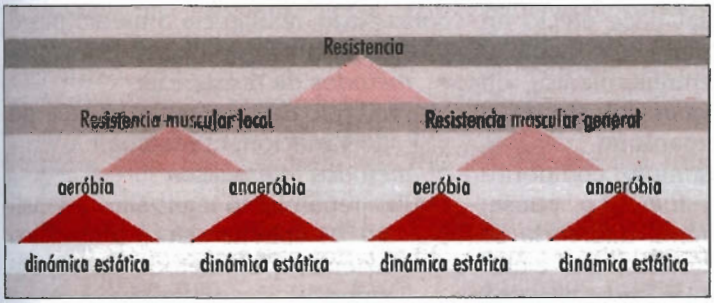


Figura 1.20: *Esquemas de las diferentes formas de capacidad de rendimiento de la resistencia (de Hollmann y Hettinger).*

por vía aeróbia. La capacidad de rendimiento máxima se determina a partir de la suma de las capacidades aeróbia y anaeróbia. Mientras que la capacidad aeróbia se puede entrenar al máximo, las opiniones con respecto a la capacidad anaeróbia son muy discrepantes. De todos modos, ésta se entrena en pocas ocasiones.

Los estímulos de esfuerzo y de desarrollo cualitativo practicados en el entrenamiento de resistencia se dosifican en la práctica deportiva cuantitativamente según determinados componentes del estímulo (Harre 1979), que son la intensidad del estímulo, duración del estímulo, densidad del estímulo y el volumen del estímulo.

- *Intensidad del estímulo*: nivel del esfuerzo, es decir fuerza de uno o más de los estímulos del movimiento en una serie (repeticiones del movimiento). Las mediciones y las unidades de medida del nivel del esfuerzo son la velocidad (m/s o km/h), la frecuencia del movimiento (número/s), la fuerza o la oposición a ella (N), el rendimiento o el trabajo por tiempo (kpm/s o vatios) y la frecuencia cardíaca (lat./min).
- *Duración del estímulo*: más o menos tiempo en el que el movimiento individual hace efecto en forma de estímulo de esfuerzo (estímulo de entrenamiento) en una serie de movimientos o en el desarrollo del organismo.
- *Densidad del estímulo*: comportamiento entre esfuerzo y pausa, esto es, con cuánta diferencia se suceden los estímulos; por ejemplo, si es una pausa larga, hay una densidad menor del estímulo, mientras que en una pausa corta la densidad del estímulo es mayor.
- *Volumen del estímulo*: es el tiempo de un esfuerzo conjunto en una unidad de entrenamiento, la cual se deriva de la suma de las repeticiones de movimiento o series de movimiento o duración de una carrera incluyendo las pausas.

Para la consecución de la intensidad de estímulo en el deporte se averiguan las mejores marcas (rendimiento máximo), como a qué velocidad recorre un deportista una distancia o cuántos ejercicios de fuerza puede realizar hasta que aparezca el cansancio. Este valor del rendimiento máximo se establece como el del 100%. Después se fija la intensidad del estímulo en un 50-70-90% del rendimiento máximo para cada modo de entrenamiento.

Cada uno de los componentes del rendimiento están en estrecha interrelación y causan un efecto total sobre el organismo. Deciden a través de una combinación variable los diferentes métodos de entrenamiento y sus objetivos. Por otra parte, se distingue entre más métodos para el entrenamiento de la resistencia (también en la forma de la llamada resistencia a corto plazo, resistencia a medio plazo y resistencia a largo plazo). Son:

- *métodos de resistencia:*
  a) método de resistencia, b) método de variación, c) marcha;
- *métodos interválicos:*
  a) entrenamiento interválico intensivo, b) entrenamiento interválico extensivo, c) método de repeticiones.

Métodos de resistencia–entrenamiento de resistencia

Los métodos de resistencia son *esfuerzos continuados* que no se interrumpen por una pausa. Se diferencian varias formas:

Método de resistencia: El método de resistencia trabaja con esfuerzos, que se efectúan a la misma velocidad en el llamado *steady state* (estado de equilibrio) de todas las funciones orgánicas. El organismo trabaja con una preparación de energía aeróbia y no determina una falta considerable de oxígeno. En un esfuerzo en carrera, el organismo reacciona al comienzo de un período de entrenamiento con una frecuencia cardíaca que va aumentando rápidamente y con un rendimiento de resistencia menor. En el transcurso del entrenamiento se puede, con reajustes crecientes, aumentar el rendimiento de resistencia conservando la misma frecuencia cardíaca, por ejemplo de 10 a 15 minutos y luego a 20 minutos.

Los adultos desentrenados y los niños deben entrenar por lo menos al 50% de su rendimiento cardiovascular máximo. Este rendimiento se calcula en base a dos reglas encontradas empíricamente:

- frecuencia cardíaca (FC) 180 menos la edad (Baum-Hollmann-Formel, 1971 / 1976).
- Media de la FC máxima más la FC en reposo. Ejemplo: un adulto que tiene una FC máxima de 180 lat./min y una FC en reposo de 60 lat./min (180 + 60 = 240 : 2 = 120), debe entrenarse con una FC de 120 lat./min.

El método de resistencia con un esfuerzo continuado o constante tiene una intensidad del estímulo baja y es ideal para el aumento de la resistencia general aeróbia. Se ha desarrollado en la forma más habitual del entrenamiento de mantenimiento, el *jogging* (trote). Al mismo tiempo se desarrollan también la resistencia de los músculos dinámicos locales de la pierna. El deportista de competición, por el contrario, entrena con una frecuencia cardíaca sensiblemente mayor, por ejemplo, con un 80-90% del rendimiento máximo, es decir, con una frecuencia cardíaca de aproximadamente 170-190 lat./min.

El aumento del esfuerzo acontece por el cambio de los componentes del estímulo, es decir, la distancia que hay que cubrir se recorre más rápido (intensidad del estímulo), se trabaja con una distancia más larga (duración de la intensidad) y una distancia más larga se recorre más rápido (intensidad del estímulo + duración de la intensidad).

Método de variación: En el método de variación se va cambiando de modo planificado la velocidad de la carrera en distancias fijadas con anterioridad en el ámbito de un esfuerzo de carrera mayor (aproximadamente 20 minutos), de manera que se intercambien niveles de frecuencia cardíaca, por ejemplo, 140 lat./min y 160 lat./min.

Se efectúa una modificación del método de variación para la mejora del rendimiento de resistencia en las carreras con principiantes sanos y con enfermos resistentes. En el caso de

principiantes desentrenados (y en enfermos) no se determina la forma de andar y correr fijando las distancias a recorrer en sus variantes de marcha o carrera, sino la duración de la carrera y de la marcha. En rendimientos de duración muy bajos cambiar de 3-5 minutos andando 0,5-1 minuto corriendo (al trote), hasta que se haga posible una carrera de 5-10 minutos sin pausa.

Marcha: La llamada marcha es un método para el desarrollo de la resistencia de larga duración (a 30 minutos). Es una carrera por el campo en la que se va alternando la velocidad de la carrera y la velocidad durante la marcha.

Método interválico – entrenamiento interválico – trabajo interválico

El método interválico es un esfuerzo intermitente caracterizado por una alternancia sistemática entre esfuerzos y cortas pausas "rentables". El intervalo es el espacio temporal que hay entre los esfuerzos (Figura **1.21**). El principio del entrenamiento con intervalos es la pausa incompleta, que no lleva a la recuperación total, de modo que se exige al cuerpo el siguiente esfuerzo cuando aún se encuentra cansado y recuperándose del trabajo. Hoy, en la práctica deportiva se diferencia entre el entrenamiento interválico extensivo e intensivo, o el método interválico a corto, medio y largo plazo.

Entrenamiento interválico intensivo o método interválico a corto plazo (Figura **1.22**). Exige:

- *intensidad alta del estímulo*, por ejemplo en el entrenamiento de la fuerza dinámica el 80-100% de la fuerza máxima (calculado a partir del rendimiento máximo) o correr con una frecuencia cardíaca de aproximadamente 170-190 lat./min = 80-90% de la capacidad de rendimiento cardiopulmonar má-ximo (porcentaje calculado a partir de la suma de la FC en reposo y la FC máxima);
- *duración corta del estímulo*, por ejemplo de 2 a 4 repeticiones del movimiento en ejercicios de fuerza o 10 segundos de duración de carrera;
- *poca densidad del estímulo*, porque la pausa dura por ejemplo 50 segundos en una fase de esfuerzo de 10 segundos; la relación del

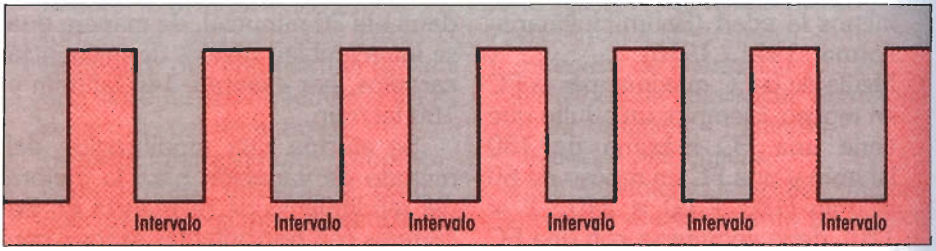


Figura 1.21: *Entrenamiento interválico (de Schmolinsky).*

esfuerzo a la pausa es 1:5 (entre los esfuerzos de alta intensidad hay pausas relativamente largas);
- *poco volumen del estímulo*, por ejemplo 5-7 minutos, porque la intensidad es elevada.

El entrenamiento interválico intensivo mejora la elasticidad, la capacidad anaeróbia y con ello la resistencia a corto plazo. Ejercita la capacidad de recuperación.

Entrenamiento interválico extensivo o método a medio o largo plazo (Figura **1.23**). Exige:
- *intensidad media del estímulo*, por ejemplo en el entrenamiento de la fuerza dinámica el 60-70% de la fuerza máxima (calculado a partir del rendimiento máximo) o correr con una frecuencia cardíaca de 150-160 lat./min = 60-70% de la capacidad de rendimiento cardiopulmonar máxima (porcentaje calculado a partir de la suma de la FC en reposo más la FC máxima);
- *duración larga del estímulo*, por ejemplo de 5 a 6 repeticiones de los movimientos en los ejercicios de fuerza o 60 segundos de duración de la carrera;
- *densidad alta del estímulo*, porque la pausa a menudo dura sólo 30 segundos y con ello la relación del esfuerzo con respecto a la pausa es 2:1. Entre los esfuerzos hay pausas más cortas que en el entrenamiento con intervalos;
- *volumen grande del estímulo*, por ejemplo 10-20 minutos, porque la intensidad es media y es posible hacer varias repeticiones.

El entrenamiento interválico a largo plazo o método interválico a largo plazo trabaja como el entrenamiento a medio plazo expuesto antes con 10-20 minutos de volumen del estímulo. En éste sólo la duración del estímulo es más larga, y el volumen del estímulo supera los 30 minutos. El entrenamiento interválico extensivo ejercita la resistencia a largo y corto plazo, y mejora –debido a la poca intensidad del estímulo– la capacidad aeróbia.

Método de repeticiones – entrenamiento de repeticiones

El método de repeticiones es un esfuerzo intermitente que está caracterizado por la alternancia sistemática de esfuerzos y largas pausas, es decir verdaderas pausas de recuperación. Se aplica el entrenamiento de fuerza resistencia dinámica cuando se trabaja con gran empleo de la fuerza y, por tanto, con una preparación de energía anaeróbia. Se alternan las series de movimientos con contracciones musculares dinámicas de determinados grupos musculares y pesos añadidos al peso corporal (por ejemplo: balones medicinales, pesas, sacos de arena y otros aparatos) con pausas de 5-10 minutos de duración. La pausa larga sirve para la completa degradación de los productos medios y finales del metabolismo y se completa la mayoría de las veces con ejercicios de relajación. Sólo estas pausas largas posibilitan la continuas repeticiones de las series de ejercicios de fuerza.

El método de repetición entrena la resistencia muscular anaeróbia dinámica local.

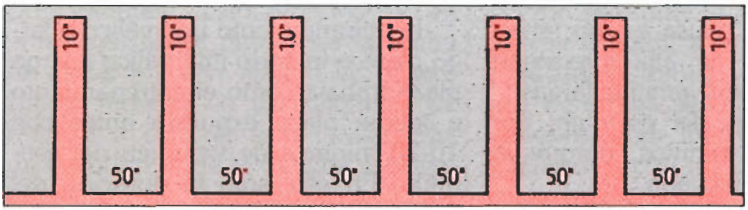


Figura 1.22: *Entrenamiento intensivo interválico = método interválico a corto plazo (de Scholtzmethner).*

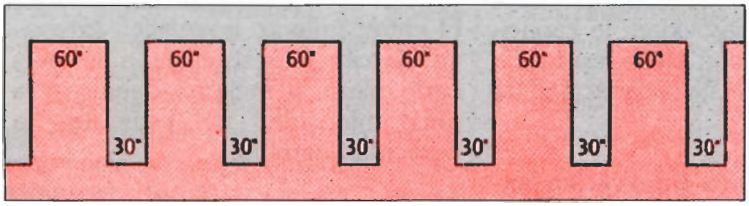


Figura 1.23: *Entrenamiento extensivo interválico = método interválico a medio plazo (de Scholtzmethner).*

Efectos del entrenamiento deportivo y las técnicas de tratamiento para la gimnasia para enfermos en el ámbito de la resistencia muscular local

Por resistencia muscular local se entiende un rendimiento de resistencia en la masa muscular que por ejemplo, abarca algo más que los músculos de una pierna, un brazo o ambas piernas. Conforme a la distinta preparación de la energía, Hollmann y Hettinger (1980) siguen dividiendo la resistencia muscular en local aeróbia y local anaeróbia.

Resistencia muscular aeróbia local

Se puede hacer uso de grupos musculares de pequeños a medios con contracciones musculares estáticas y dinámicas en el sentido de la resistencia muscular aeróbia local. Por ello se sigue diferenciando entre resistencia local aeróbia dinámica y local aeróbia estática.

Si los músculos trabajan con contracciones dinámicas en un espacio de tiempo largo (al menos 10 minutos), se utilizan en la **resistencia muscular aeróbia local dinámica** grupos musculares de pequeños a medios. Si la frecuencia del movimiento no es demasiado rápida y la tensión muscular permanece por debajo del 20-30% de la fuerza máxima estática, entonces los músculos trabajan en el ámbito aeróbio, es decir, por debajo del límite de su resistencia o del umbral aeróbio-anaeróbio.

El entrenamiento de la resistencia muscular aeróbia dinámica local está incluido en las formas de entrenamiento de larga y media duración del método de resistencia y del método interválico extensivo, es decir, si en vez de entrenarse con un 50% del rendimiento máximo del sistema cardiovascular, se hace el entrenamiento con un 60-70% del rendimiento cardiovascular máximo durante varias semanas y la tensión muscular permanece por debajo del 30% de la fuerza estática máxima en las contracciones dinámicas.

El *efecto del entrenamiento* se muestra en las adaptaciones hemodi-

námica (que afectan a la circulación sanguínea) y metabólica (que afectan al metabolismo del músculo). La adecuación hemodinámica reside en una mejor distribución de la sangre en el músculo y en la creciente capilarización (según Hollmann y Hettinger [1980]: apertura de los capilares en reposo, ampliación y alargamiento de los capilares existentes, nueva formación eventual). Los efectos metabólicos se muestran en el descenso del ácido láctico, y en el incremento de las enzimas mitocondriales.

Las técnicas de tratamiento fisioterapéuticas, las cuales utilizan grupos de músculos de pequeños a medianos en la resistencia muscular aeróbia local dinámica, incluyen el movimiento libre en forma de resistencia y el movimiento contra una (pequeña) oposición en forma de resistencia. Los efectos del entrenamiento, es decir, las crecientes adaptaciones del rendimiento en la hemodinámica periférica y en el metabolismo con el significado descrito antes, sólo pueden ser aceptados cuando se mejora con asiduidad diaria o semanalmente el rendimiento de la resistencia de los grupos musculares entrenados. Si, por el contrario los músculos trabajan sólo de manera pasajera, es decir, durante algunos días, 1 a 2 semanas, y no con la dosificación necesaria para la consecución de un efecto de entrenamiento, sino que son tratados con un determinado objetivo terapéutico (consecución de una regulación de la circulación en reposo en la cama, inclusión de una "bomba muscular" para la tromboprofilaxis o la descongestión de edemas, movilización después de la recuperación en la cama), sólo pueden aparecer adaptaciones reactivas de tipo transitorio. Presumimos que se trata de la apertura de capilares en reposo, velocidad del flujo linfático y venoso u otros.

Si aumenta la frecuencia del movimiento en los ámbitos máximos, esto es, si las contracciones dinámicas se vuelven demasiado rápidas o aumenta la parte estática de la contracción muscular dinámica, se tiene que liberar la energía por vía anaeróbia. Entonces el rendimiento de la resistencia está limitado, y los músculos trabajan en una resistencia anaeróbia local dinámica.

"La resistencia aeróbia local dinámica representa una de las mayores características de las formas motrices de trabajo. Para la mayoría de los deportes, así como para la terapia del movimiento y la rehabilitación, se necesita una dimensión especial de esta característica" (Hollmann y Hettinger 1980).

En la **resistencia muscular aeróbia local estática** se utilizan pequeños grupos musculares cuando la contracción muscular estática está por debajo del 15% de la fuerza estática máxima. Entonces todavía es posible una liberación de energía por vía aeróbia.

Para el deporte esta forma de trabajo apenas tiene significación. En la fisioterapia se utiliza cuando, en posición erecta, se tiene que sostener el tronco durante varios minutos contra la fuerza de gravedad (vease parada en porcentaje de la fuerza máxima así como movimiento y parada).

Resistencia muscular anaeróbia local

Para la resistencia muscular anaeróbia es característica la alta participación estática, que en la contracción estática o dinámica está por encima de un 50% de la fuerza estática máxima. A partir de este punto se produce, a causa de una compresión completa de los capilares, el cese de la irrigación. Esto exige una liberación de energía por vía anaeróbia. Se diferencia entre la resistencia muscular anaeróbia local dinámica y la anaeróbica local estática.

En la **resistencia muscular anaeróbia local dinámica** se utilizan grupos musculares con un tamaño de pequeño a mediano, que se contraen rápidamente o tanto tiempo como sea posible en contra de una oposición física. Éste es, por ejemplo, el caso de las series de movimientos con los músculos del antebrazo o de la pierna en el ámbito del entrenamiento de la fuerza dinámico-concéntrica. Si las oposiciones físicas son demasiado altas, entonces el número de repeticiones de los movimientos (es decir, la fuerza resistencia dinámica) depende de la capacidad de la liberación de energía por vía anaeróbia. Esta capacidad crece con la fuerza estática máxima.

En el deporte se lleva a cabo la mayoría de las veces un entrenamiento de la fuerza dinámica con grandes grupos musculares, con gran porcentaje de la fuerza máxima, por ejemplo en el levantamiento de pesas por el método de repetición. En el tratamiento fisioterapéutico se utilizan, en técnicas como en el "movimiento en contra una oposición", pequeños grupos de músculos, por ejemplo una presión repetida de muelles o varias flexiones con los dedos contra una oposición manual en la forma de series de movimientos de los músculos en resistencia anaeróbia local dinámica. Éstos necesitan para la repetición de la serie pausas largas, es decir, verdaderas pausas de recuperación de varios minutos entre serie y serie.

En la **resistencia muscular anaeróbia local estática** se utilizan pequeños grupos musculares, cuando fijan más de un 15% de la fuerza estática máxima, esto es, en parada, o cuando llevan a cabo un trabajo de contracción dinámica con más de un 50% de la fuerza máxima estática, es decir, con un esfuerzo estático más fuerte. Debido a la compresión capilar la energía sólo es producida anaeróbiamente; por ejemplo, al coger y levantar pesas. En la fisioterapia las técnicas "parada en el porcentaje de la fuerza máxima" y "movimiento y parada" utilizan la resistencia anaeróbia local estática, como en la ejercitación de agarre con los músculos de los brazos o al tirar o sostener gomas elásticas, al apoyar con fuerza un pie en el suelo y al oponer resistencias físicas manuales propias o externas. Este trabajo anaeróbio estático conduce a unas *reacciones cardiopulmonares* ascendentes. En el entrenamiento muscular estático se señaló el precedente de la presión. Los resultados se muestran en la presión sanguínea y en la frecuencia cardíaca así como en las presiones sistólica y diastólica. Esto lleva a un sobreesfuerzo

del músculo cardíaco. La figura **1.24** nos muestra el comportamiento de la sangre en reposo y en tres diferentes tipos de paradas de varios minutos, esto es en el *handgrip* (cierre del puño), en la haltera y en el fortalecedor. A la izquierda se representa el intervalo de la presión sanguínea (120/90 mmHg), con el cual se relaciona una baja frecuencia cardíaca; en el *handgrip* el intervalo de la presión se amplia a valores de 150/95 mmHg, y la frecuencia cardíaca aumenta; en la haltera la presión sanguínea sigue subiendo, y el intervalo se amplía aún más; en el fortalecedor la presión de la sangre alcanza incluso los 220/120 mmHg (Rost 1979). "Las personas con disfunciones cardíacas no deben realizar un entrenamiento muscular estático superior a 5-7 segundos. Después de una pausa se puede llevar a cabo el entrenamiento con otro grupo muscular sin el peligro de daño cardíaco" (Hollmann y Hettinger 1980).

Efectos del entrenamiento deportivo sobre la resistencia general aeróbia

La resistencia general se refiere al rendimiento de resistencia de grandes grupos de músculos, por ejemplo ambas piernas, un brazo con partes de los músculos del tronco o de todo el cuerpo. Se divide en resistencia general aeróbia y resistencia general anaeróbia y en sus subgrupos (Figura **1.20**). Para la fisioterapia y el deporte de rehabilitación sólo tiene significación *la resistencia general aeróbia dinámica*. Es un modo de esfuerzo que se decide sobre todo por la capacidad de rendimiento del sistema cardiovascular y el respiratorio, y por el metabolismo muscular, esto es, sobre todo en la captación de oxígeno, su transporte y su utilización en los órganos a su servicio. Un entrenamiento con más de 1/7-1/6 de los músculos esqueléticos (grandes grupos de músculos) y con, por lo menos, un 50% de la capacidad máxima de rendimiento del sistema cardiopulmonar por encima de al menos 10 minutos es por ello un entrenamiento cardiorrespiratorio con efectos sobre el cambio metabólico periférico, es decir en la resistencia muscular aeróbia local dinámica.

Para entender los efectos sobre la circulación hay que conocer los cambios de algunos parámetros de la circulación sanguínea. El trabajo corporal modifica los siguientes parámetros:

- La frecuencia cardíaca aumenta proporcionalmente a la intensidad de esfuerzo y con ello aumenta igualmente el consumo de oxígeno.
- El volumen minuto cardíaco está en relación lineal con el consumo de oxígeno, donde el volumen latido alcanza un valor de unos 110 ml, lo que quiere decir que va creciendo más o menos uniformemente hasta una frecuencia cardíaca de unos 120 lat./min, para luego descender un poco y permanecer en un valor constante. Por ello el aumento del volumen minuto cardíaco es sólo posible mediante el aumento de la FC hasta un valor límite.
- La presión arterial media sube moderadamente, mientras que la

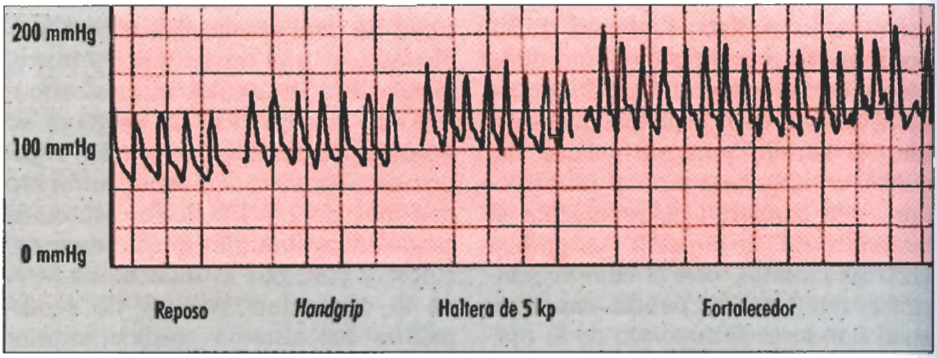


Figura 1.24: *Registro de la presión sanguinea intraarterial en reposo, en el handgrip, con parada parcial con una haltera de 5 kp y en el esfuerzo con un fortalecedor. La propia contracción estática de estos grupos de músculos provoca una clara reacción en la presión sanguínea (de Rost y Hollmann).*

presión sistólica aumenta considerablemente y la presión diastólica lo hace moderadamente, el intervalo de la presión sanguínea se amplía.

- La resistencia periférica disminuye como señal de la apertura de los vasos.
- La diferencia arteriovenosa de oxígeno aumenta como señal de la creciente utilización periférica del oxígeno.

Aparte de estos parámetros, el trabajo corporal modifica el volumen minuto respiratorio y, un importante parámetro metabólico, el nivel de ácido láctico. En una representación esquemática (figura **1.25**) se puede ver la importante variación de los parámetros de la circulación, la respiración y el metabolismo en *personas entrenadas en resistencia* y en *personas no entrenadas en la resistencia.*

Como importante "criterio en bruto" de la capacidad de rendimiento sirve la captación *máxima de oxígeno*. Por ello se entiende la cantidad de oxígeno captada a un rendimiento máximo durante un minuto. La *captación de oxígeno* se incrementa linealmente con la intensidad del esfuerzo. Esto es general tanto para los desentrenados como para los entrenados cuando ambos están bajo los efectos del mismo esfuerzo, sólo que el que está entrenado alcanza mayores valores en el metabolismo, esto es, puede producir un mayor rendimiento. El desentrenado interrumpe su esfuerzo en aproximadamente los 200 vatios (Figura **1.25**), en donde ya ha alcanzado su rendimiento máximo. El entrenado tiene una mayor capacidad de captación máxima de oxígeno, es decir, una capacidad aeróbia mayor, y rinde más. El volumen minuto respiratorio, que se compone de volumen inspiratorio y frecuencia respiratoria, es, con un mismo esfuerzo, más bajo en los entrenados que en los desentrenados. Ésta es una señal del escaso impulso de la respiración, que es el resultado de un escaso

grado de hiperacidez, es decir, el comportamiento del volumen minuto respiratorio por corre paralelo a la subida del ácido láctico, que sin embargo no representa el estímulo de respiración directo. El mecanismo del estímulo de respiración aún no está suficientemente claro. A· pesar de ello, sirve la siguiente afirmación: cuanto más acidez , mayor es la ventilación. Puesto que el entrenado para el mismo rendimiento produce menos ácido láctico que el desentrenado, respira con mayor economía y su volumen minuto respiratorio permanece más bajo que el del desentrenado. La mejora del rendimiento de la resistencia se muestra –como se ha señalado antes– con una reducción del nivel del ácido láctico del entrenado y un aumento del valor del pH. La influencia más conocida en el entrenamiento de resistencia es la disminución de la frecuencia cardíaca en reposo y en periodo de esfuerzo, así como la mayor capacidad de recuperación después de un trabajo corporal. La frecuencia cardíaca en reposo de una persona normal entrenada en resistencia está, como media, entre los 50 y 60 lat./min; en el deportista de alta competición se miden valores por debajo de los 30 lat./min. En la figura **1.25** se representan las frecuencias cardíacas en esfuerzo más bajas. La frecuencia cardíaca baja es la expresión de la vagotonía de los entrenados en resistencia. En el deportista de competición una baja FC es señal del llamado corazón de deportista (mayores cavidades y cantidades de sangre residual) y de la vagotonía. El corazón grande trabaja con un gran volumen de latidos. Por ello la circulación sanguínea periférica aumenta y el estímulo simpático de allí proveniente resulta en un favorecimiento de la vagotonía.

Los efectos del entrenamiento mediante el entrenamiento de resistencia se efectúan, según Hollmann y Hettinger (1980), siguiendo dos etapas de adaptación, que clarifican aún más la diferencia de los efectos en personas normales entrenadas en resistencia y en deportistas de elite entrenados en resistencia:

1. *Etapa de adaptación* = Estadio de la adaptación funcional, que no abandona el deportista de competición. Afecta al sistema nervioso vegetativo, la hemodinámica y el metabolismo celular. La adaptación vegetativa ocurre en dirección a una situación de reacción trofotrópica (vagotonía), en relación con un estímulo simpático reducido. Las adaptaciones hemodinámicas se observan en el corazón en una creciente duración sistólica y diastólica con un aumento del volumen de latidos, el corazón trabaja más económicamente con una demanda menor de oxígeno. En la circulación periférica se observan adaptaciones de la resistencia muscular aeróbia local (capilarización, poco consumo de O_2 seguido de una óptima coordinación, aumento de las enzimas mitocondriales, aumento de la diferencia arteriovenosa local de oxígeno). Sobre todo al comienzo del entrenamiento, esto es, en las primeras semanas, son decisivos los

mecanismos de adaptación en sus efectos retroactivos sobre el corazón. La discusión de si hay siquiera efectos de entrenamiento centrales en el propio corazón está aún por ver. Esta etapa tiene una gran significación para la salud.

2. *Etapa de adaptación* = Estadio de la adaptación dimensional, que sólo alcanzan los deportistas de alta competición a través de un entrenamiento intensivo. Afecta "en particular a un incremento del volumen del corazón por encima de un 10% del valor inicial normal (formación del corazón de deportista), un aumento relacionado de la cantidad total de hemoglobina, del volumen máximo de latidos, del volumen de sangre, de la utilización máxima periférica de oxígeno, y, en menor grado, de la capacidad de difusión" y otros (Hollmann y Hettinger 1980).

Ejemplos para el entrenamiento de la resistencia general aeróbia en los desentrenados sanos

Son significativos para el tratamiento fisioterapéutico los conocimientos sobre los modos de entrenamiento recomendados por los cardiólogos y médicos deportivos para el llamado entrenamiento de circulación en el rendimiento de resistencia deportiva. Esto significa, en particular, correr, montar en bicicleta, nadar y desarrollos de movimientos, es decir, los efectuados por grandes grupos musculares con un esfuerzo muscular dinámico. Como forma más sencilla para la resistencia general aeróbia sirve hoy, para personas normales desentrenadas, el método de resistencia. Si una persona sana y capacitada entrena por término medio durante 10 minutos con una intensidad del esfuerzo de al menos el 50% de su capacidad de rendimiento cardiopulmonar máximo con el método de resistencia, después de algunas semanas aparecerán los efectos del entrenamiento antes descritos. El criterio principal para la práctica de un esfuerzo de entrenamiento efectivo es la frecuencia cardíaca. Se calcula para el método de resistencia a partir de la fórmula: frecuencia cardíaca = 180 menos la edad. Esta intensidad del estímulo corresponde al límite de resistencia en el metabolismo muscular, esto es, el umbral aeróbio-anaeróbio. Puesto que después del comienzo del esfuerzo el nivel del ácido láctico en la sangre permanece en 3-4 mmol/l y el trabajo de resistencia puede ser efectuado de manera aeróbia.

Para el entrenamiento de la resistencia o de la circulación, la práctica deportiva propone el entrenamiento extensivo interválico. Pero esto es más fatigoso que el método de resistencia.

Ejemplo: Carrera de una mujer de 50 años siguiendo el método de resistencia:

- intensidad del estímulo: carrera con una frecuencia cardica de 130 lat./min (calculado según la fórmula 180 menos la edad).
- Duración del estímulo y volumen del estímulo: comenzar con cinco minutos y luego aumentar paulatinamente hasta 10 minutos y más.

El entrenamiento con el método de resistencia empieza con una alternancia entre correr y andar hasta que es posible un rendimiento continuado de resistencia de 10 a 30 minutos.

Ejemplo: Carrera de un hombre de 30 años siguiendo el método interválico extensivo:

- intensidad del estímulo: carrera con una frecuencia cardíaca de 160 lat./min = 60% del rendimiento cardiovascular máximo (porcentaje calculado de la suma de FC en reposo, 70 lat./min, y la FC máxima, 200 lat./min),
- duración del estímulo: 60 segundos (pausa de esfuerzo),
- duración de la pausa: 30 segundos (intervalo),
- densidad del estímulo: alta, puesto que la pausa es más corta,
- volumen del estímulo: 8 a 9 minutos en 6 carreras y 51 intervalos.

En los niños se entrena la resistencia general aeróbia y con ella la circulación con los mismos principios. El entrenamiento se introduce en los diferentes juegos, carreras y en el entrenamiento en circuito.

1.3.6. Con respecto a la medición del rendimiento

Para el conocimiento exacto de la capacidad de rendimiento corporal se exige en la medicina clínica, en la deportiva y en la laboral que los esfuerzos sean exactamente reproducibles y definibles. Para la fisioterapia es importante que abunden los métodos de control de medidas de magni-

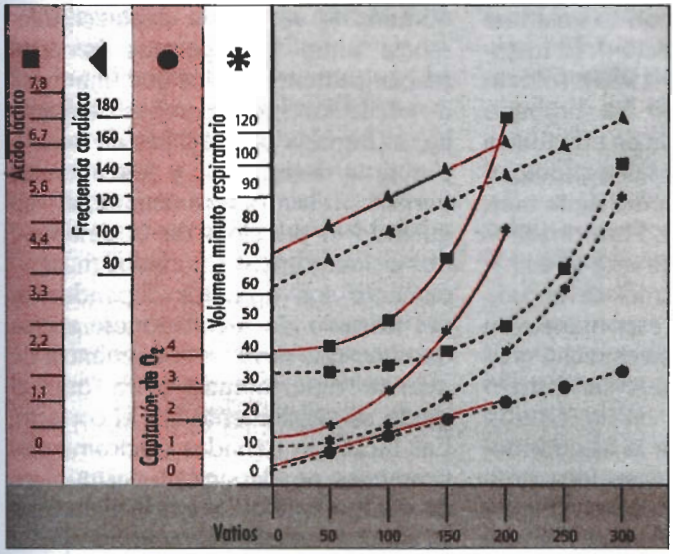


Figura 1.25: *Modificaciones de algunos parámetros respiratorios, circulatorios y metabólicos en personas desentrenadas (línea continua) y personas entrenadas (línea discontinua) durante un esfuerzo creciente en el cicloergómetro (de Hollmann).*

tudes o exámenes funcionales para quienes están en estrecha relación con el entrenamiento. Estos métodos son la dinamometría, como método para la medición de la fuerza estática, y el cicloergómetro como un test cuantitativo de evaluación cardíaca y circulatoria.

Los aparatos más utilizados para la medición de la fuerza son los dinamómetros. Éstos miden sólo la fuerza máxima existente de manera espontánea en una determinada posición corporal (postura articular), que no es idéntica a la fuerza absoluta de un músculo. Esto último esta en relación lineal con el perfil del músculo y sólo puede calcularse de una manera biomecánica, es decir teniendo en cuenta el hecho de que los puntos de carga de los músculos se mueven en palanca y por ello se transforman continuamente las secciones musculares con los movimientos angulares. Además, la fuerza utilizada en el dinamómetro está muy relacionada con su voluntad de rendimiento (motivación). El método es, según Hettinger (1983), sólo un objetivo a medias. Se ha probado para evaluaciones relativas a la fuerza máxima y también en las exploraciones sobre el entrenamiento de la fuerza estática (isométrica). Para nosotros sigue siendo interesante que la actividad eléctrica que se produce en una contracción muscular espontánea en un músculo muestre una estrecha relación con el esfuerzo muscular. Esto lo muestra la medición de la tensión muscular por medio de la electromiografía (EMG) durante la tensión estática del m. interóseo dorsal (Figura **1.26**). Llama la atención que sólo con el concepto de la tensión se llegue al aumento del potencial eléctrico.

Para la apreciación de las capacidades cardiovasculares se utiliza el cicloergómetro en clínicas, centros de rehabilitación o en casa para el entrenamiento con un objetivo.

Con respecto al llamado entrenamiento ergométrico, una pequeña introducción: rendimiento significa trabajo físico por hora. Se determina durante el trabajo en cicloergómetro en vatios. El vatio es la unidad para el rendimiento y abarca con ello el trabajo (fuerza por espacio) y el tiempo. En el cicloergómetro la fuerza es la oposición contra la que se tiene que actuar, mientras que el camino se determina por el número de vueltas por minuto que hay que hacer, es decir, en un determinado tiempo. En una serie de bicicleta la fuerza realizada se da en kilopondios, que multiplicados por la frecuencia de avance por minuto, nos da el correspondiente número de vatios. Se establece diferencia entre los aparatos frenados mecánicamente, en los que una masa de oscilación (por lo menos de nueve kg) es frenada por pastillas de freno o por tiras deslizantes, y los aparatos frenados electromecánicamente –siguiendo el principio de la dinamo–. Los cicloergómetros frenados mecánicamente son aparatos dependientes del número de revoluciones, en los que hay que llevar una frecuencia de avance determinada para que el grado de rendimiento sea el correcto. Las bicicletas frenadas electromagnéticamente no dependen del número de vueltas, esto es, el grado de esfuerzo sigue siendo el correcto aunque la

persona se desvíe en la frecuencia de avance. Un efecto novedoso es el de las bicicletas llevadas por ordenador en las que una calculadora, después de haberle introducido los datos personales (edad, peso), proporciona la intensidad del esfuerzo indicada en vatios con la susodicha frecuencia del entrenamiento. La oposición o resistencia física se determina electrónicamente. Los controles luminosos señalan si se alcanza la frecuencia cardíaca de entrenamiento o no.

Ejemplo: bicicleta en una mujer de 60 años en el cicloergómetro (peso 70 kg) siguiendo el método de resistencia:

- intensidad del estímulo: pedalear con una frecuencia cardíaca de 120 lat./min, en un grado de rendimiento de 75 vatios (calculado de la fórmula 180 menos la edad),
- duración y densidad del estímulo: 10 minutos.

Después de dos a tres semanas de un entrenamiento casi diario, aumentar la densidad del estímulo a 15 minutos o subir el nivel a 100 vatios. El efecto del entrenamiento se muestra en cuatro a cinco semanas; cuando la persona está más capacitada para la resistencia, se acorta el tiempo de recuperación, y la frecuencia cardíaca bajo el esfuerzo no sube tanto como al principio. Las cambiantes cantidades de medición descritas en la Figura **1.25** son sólo posibles en la prueba de esfuerzo realizada en el laboratorio.

El entrenamiento de la resistencia general aeróbia se define también en medicina como entrenamiento de la circulación. Si un paciente debe entrenarse en el ergómetro, el médico informa sobre los vatios y la frecuencia cardíaca del entrenamiento que se tiene que alcanzar en este nivel.

Para el traspaso de los datos averiguados en el test de rendimiento en el ergómetro a otros datos de esfuerzo se tiene que saber que en la bicicleta el cuerpo se apoya en el sillín. Por eso en todas las personas –independientemente del peso corporal– la captación de oxígeno es, para cada nivel de vatios, la misma. Si el paciente tiene que mejorar su rendimiento, por ejemplo andando o corriendo, se tiene que transferir el rendimiento físico alcanzado sobre la bicicleta bajo la consideración del peso corporal en la práctica. Pero no es decisivo el rendimiento definido físicamente, sino el definido biológicamente, es decir el volumen metabólico exigido para un esfuerzo corporal y el expresado mediante la captación de oxígeno.

El *cálculo del rendimiento del ergómetro proporcionado en vatios* en el ámbito energético puede ser el resultado del conocimiento de la captación de oxígeno sobre el rendimiento en vatios teniendo en cuenta el peso del que se entrena. En este cálculo no es necesario tener en cuenta el grado mecánico de efectividad.

Para evaluar el esfuerzo energético de enfermos y para entender la escasísima capacidad de esfuerzo de algunos pacientes con limitaciones cardiopulmonares y vasculares, se han tomado de la literatura algunas tablas en relación con el rendimiento físico y biológico de diferentes actividades en las personas (Tablas **1.2** y **1.3**).

1.3.7. Consideración final

Finalmente hay que señalar que las preguntas hechas en un principio se responden con este ensayo, pues está demostrado que el principio de los conocimientos científicos de la medicina laboral y deportiva, y de las formas de movimiento, y los principios de entrenamiento del deporte están más claros que hasta ahora en la terminología fisioterapéutica, asumiendo la división de sus técnicas para el aprendizaje y la clarificación de algunos mecanismos de efecto en el organismo.

1.4. FUNCIÓN

"La belleza es el resultado de la configuración y la relación de un todo con las diferentes partes, de las partes entre sí y de éstas otra vez con el todo". Andrea Palladio (1508-1580).

De este pasaje se saca la conclusión de que la función es el tema central de la existencia humana y al mismo tiempo representa el objetivo de tratamiento más importante en la *actividad* fisioterapéutica. El estímulo y la reacción que se le opone son los conceptos más importantes para el entendimiento del *efecto* del trabajo fisioterapéutico.

Se debe evitar una definición del concepto "función" por la que el lector vea las bases de la fisioterapia o sólo muy mecánicas o sólo expresadas de manera energético-bioquímica. Esto no concordaría con el carácter especial y la pretensión del tratamiento fisioterapéutico, el cual

Tabla 1.2: *Rendimiento físico (vatios) y rendimiento biológico (transferencia metabólica) al andar y al correr en el ejemplo de un hombre de 70 kg (tomado de Schader, Pronnet, y Kaizinger, en Teichmann 1980; Spitzer y Hettinger 1969; Rost 1980).*

Pasos min	Velocidad km/h	Descripción	Cicloergómetro vatios	Transferencia metabólica* (consumo aproximado)	
				kJ/min	kcal/min
Marcha					
60	Aprox. 1,6	muy despacio	10 - 15	4,2	1,0
80	Aprox. 2,8	despacio	25	6,3	1,5
100	Aprox. 3,6	normal	50	12,6	3,0
120	Aprox. 4,5	rápido	75	18,8	4,5
Carrera					
140	Aprox. 5,5	trotando	100	29,3	7,0
150	Aprox. 7,0	resistencia	125	31,4	7,5

* Transferencia de esfuerzo, es decir, restando la básica.

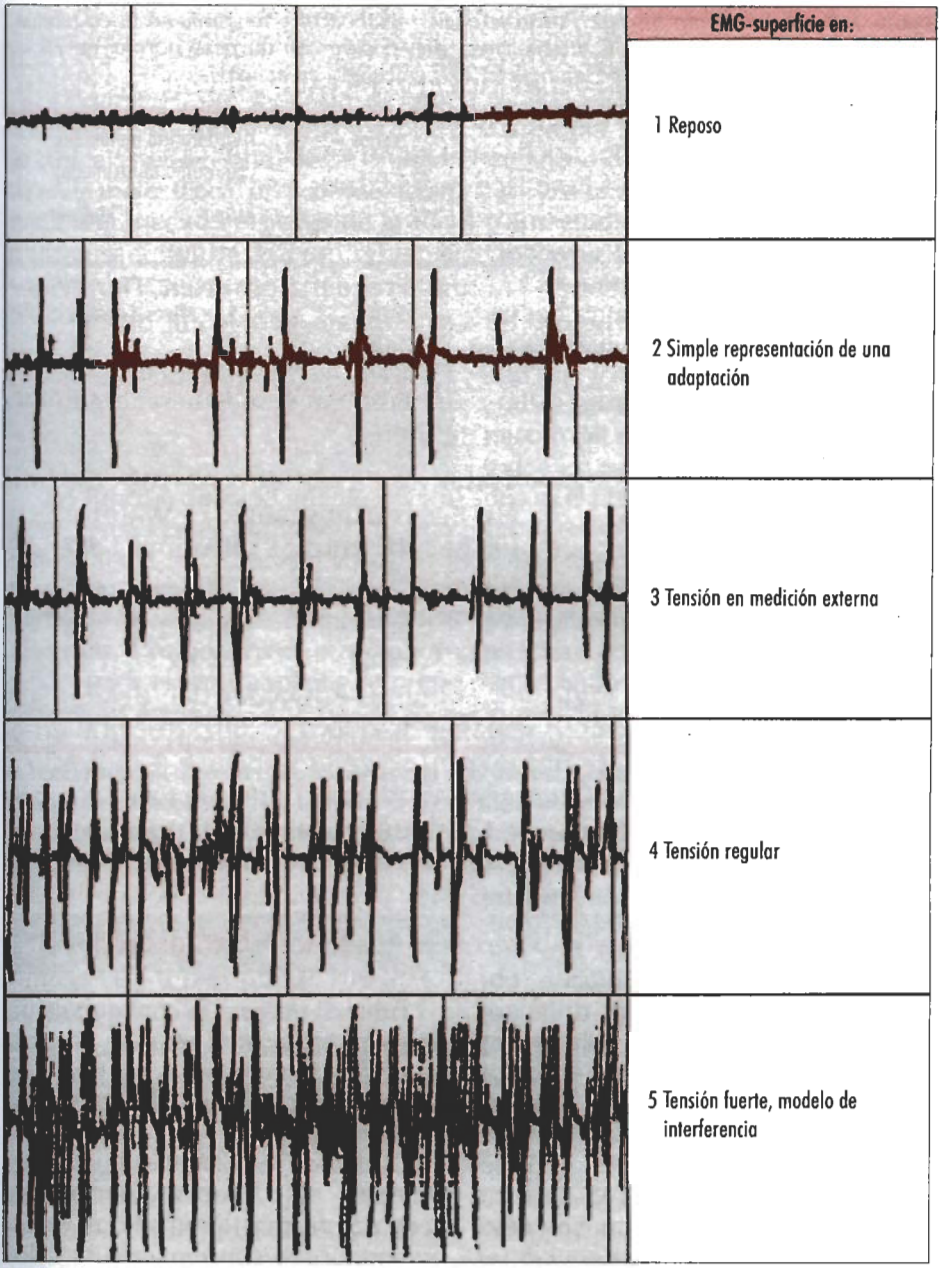

EMG-superficie en:
1 Reposo
2 Simple representación de una adaptación
3 Tensión en medición externa
4 Tensión regular
5 Tensión fuerte, modelo de interferencia

Figura 1.26: *Electromiografía de superficie en tensión estática creciente (m. interóseo dorsal 1) (de Laurig y Rohmert).*

Tabla 1.3: *Rendimiento biológico (transferencia metabólica) y rendimiento físico (vatios) en diferentes actividades básicas y deportivas, en relación con un peso normal de 70 kg (julios / calorías según Spitzer y Hettinger [1969] calculado en vatios*).*

	Vatios	Transferencia metabólica* (consumo aproximado)	
		kJ/min	kcal/min
Actividades			
Comer sentado	5-10	2,1	0,5
Vestirse, desvestirse, lavarse	35-10	8,4	2,0
Conducir un coche	10-20	4,2	1,0
Hacer las camas	60-70	16,8	4,0
Barrer	60	14,7	3,5
Limpiar ventanas	60	12,6	3,0
Actividades deportivas			
Correr 9 km/h en llano	165	41,9	10,0
Jugar al voleibol	120	30,6	7,3
Nadar a braza, 20 m/min	75	18,8	4,5
Crol, 41 m/min	190	48,1	11,5
Gimnasia en adultos (según intensidad del ejercicio)	60-130	15,5-32,2	3,7-7,7

** La conversión de julios o cantidad de calorías a vatios resulta de la base de una necesidad de oxígeno de 1.000 ml para la liberación de 21 julios (5 calorías) y la necesidad máxima de 12 ml O_2 por vatio logrado. Los julios o cantidad de calorías se refieren a la necesidad máxima causada por el rendimiento, que se desprende del metabolismo básico (Rost, no publicado).*

se puede resumir como una "referencia de ayuda" (Sennewald). La "función" del ser humano precisa por ello, para adaptarse a su singularidad, un modo de trabajo y de pensar interdisciplinario. Todos los trabajos y exposiciones de este tomo, y de los siguientes, deben ser entendidos sin duda como adaptados a este núcleo básico. Sólo con esta toma de conciencia y el propio conocimiento propio, el fisioterapeuta se convertirá en un buen administrador de tratamientos.

1.4.1. Definición

Función designa lo continuo de un objetivo total que está al servicio de un funcionamiento combinado de procesos y actos, individuales o relacionados entre sí.

Dentro de las diversas áreas disciplinarias, el concepto "función" se apoya en diferentes contenidos, incluido aquel cuyo conocimiento es valorado por el fisioterapeuta. Por eso existe un gran número de definicio-

nes: Función significa a) *en general*: actividad, resultado, fin, misión; b) *filosóficamente*: dependencia recíproca de actos, sucesos y conceptos; c) *en la biología*: rendimiento de un órgano; d) *en la matemática*: una coordinación entre dos medidas a través de la fórmula y = f (x), en la que "x" es la variable independiente e "y", la variable dependiente.

1.4.2. Condiciones previas y requisitos para la función

La función se fundamenta en las leyes y cualidades naturales. Ha sido representada de manera escueta a través de fórmulas y ecuaciones y a partir de ellas se han formulado los teoremas. Los conceptos más importantes para el fisioterapeuta se originan en las áreas de:

- la física (fundamentalmente la mecánica),
- la biología,
- la cibernética.

La función del ser humano está sujeta, dentro de la física:

- a las leyes de la estática (aprendizaje del equilibrio de todas las fuerzas),
- a la cinemática (aprendizaje de las posibilidades de movimiento),
- a la dinámica (aprendizaje de la naturaleza de la actuación de las fuerzas).

Éste no es el lugar adecuado para descender a más detalle. Las peculiaridades más destacables se encuentran en la página 18 y siguientes.

Junto con las leyes físicas, la función depende de una agrupación de cantidades y transferencias de energía. La propia fuerza corporal (biológica) mantiene en marcha todas las funciones vitales (ver también "rendimiento y aumento del rendimiento", así como "fisiología").

Las fuerzas mecánicas y biológicas no son sin embargo el criterio decisivo de esto que, dentro de la excepcionalidad de los seres vivos, designa las capacidades funcionales y de rendimiento del ser humano: el principio de todos los seres vivos más evolucionados es el principio de la comunicación. Esto presupone unas capacidades altamente desarrolladas e integradas en sí mismas, además de una motricidad muy diferenciada. Mediante la comunicación podemos expresar nuestros sentimientos y nuestros anhelos, hacerlo posible mediante los gestos, el lenguaje y el comportamiento, así como dar respuesta a las exigencias actuales de nuestro entorno. Los principios sobre esto son iguales para todos los hombres. La diferenciación de cada uno de los sistemas orgánicos y de los mecanismos crea la individualidad.

Cada actividad y manifestación nuestra se interpreta como una reacción o como una análisis de los estímulos que nos llegan desde la esfera perceptible y se asimilan. Por lo tanto, función es la expresión de la información utilizada.

Los conceptos de "comunicación" e "información" aquí introducidos son parámetros fundamentales del ámbito de trabajo de la *cibernética*. Los modelos cibernéticos nos dan la oportunidad de analizar mejor la función.

1.4.3. Función como concepto cibernético

La cibernética es la ciencia de sistemas dinámicos creada y denominada así en 1948 por N. Wiener, cuyos elementos particulares están en una relación funcional entre sí y con la totalidad y pueden reaccionar a influencias exteriores al sistema. Inicia en un primer momento procesos de control y regulación sacados de la realidad técnica y natural o construye para ello analogías abstractas. Ya en 1925, R. Wagner reconocía que también en los sistemas biológicos el principio de la regulación tenía un significado. Entretanto se sabe que todas las principales funciones espontáneas se rigen por este principio. El objetivo y la tendencia son el mantenimiento de un estado de equilibrio dentro del sistema, así como la compensación de las influencias que vengan de fuera. Para ello es necesario un circuito regulador (acoplado en reacción). En el pensamiento medico y en las bases de la fisioterapia la utilización de este concepto ha sido tímidamente introducida Keidel (1979), Caspers (1975), Haeusermann (1975,1976), y Stoboy (1976).

Rasgos principales de un sistema de circuito regulador

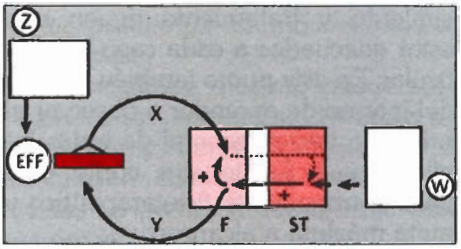
De la base matemática y de la teoría de información estadística se saca la conclusión de que toda la información proveniente del exterior (incluidos también los estímulos provocados por un fisioterapeuta) se examinará siguiendo su contenido. Esto es el principio de afirmación-negación. La información comprobada se introduce en un circuito interno de señales preparadas (comparar los valores reales con los teóricos) y modifica las magnitudes alteradas con los impulsos adquiridos: la antena registra las modificaciones y pasa esta información a instancias más altas. Éstas responden a la alteración mediante cambios cuantitativos o modificaciones de las señales de aquéllas, cambios que salen como orden a la periferia y desde allí hacia el exterior (Figura **1.27**). Pero también se puede producir que eviten o revisen el efecto de la alteración. El circuito se ha cerrado. Como ejemplo típico de un proceso regulador puede servir la regulación de la temperatura (Figura **1.28**).

El sistema del circuito de regulación se depura gracias a las modificaciones. Las más importantes son: a) los circuitos reguladores retroactivos y b) la integración de los estímulos según el principio de divergencia-convergencia.

El circuito de regulación retroactivo saca una parte de la información introducida del circuito de regulación y la somete a una comprobación. Esta información se vuelve a introducir en forma de señal con un pequeño retraso en el circuito de regulación (condicionada por la actividad de las sinapsis), después de lo cual se decide sobre el equilibrio del comportamiento entre la información y la respuesta en éste (impulso = aferencia). Por lo tanto, se da una copia del proceso original que posibilita, en diferentes etapas del sistema, rápidas correcciones internas de la decisión.

El principio de convergencia-divergencia es el origen de la elaboración de la información sin centralizar y circunstancial en el sector sensorial. Éste hace el efecto, por así decirlo, de un autocontrol que va pasando la información de manera reforzada o comprimida, con lo que ejerce una función protectora. El principio: el recorrido receptor-sinapsis no es unipolar; con cada receptor hay una gran cantidad de células nerviosas relacionadas con el estrato más próximo (divergencia); por otra parte, cada célula sináptica contiene una cantidad de fibras presinápticas de diferentes receptores (convergencia). Encontramos por lo tanto una elaboración y transmisión informativa en forma de cono (Figura **1.29**). El tipo, la serie y la duración del impulso se ocupan de las distintas maneras de "hablar" de la sinapsis con la señal. Por ese complicado camino se nos hacen comprensibles las diferentes respuestas a nuestros estímulos. Muchas veces se ha descrito más o menos vagamente este fenómeno como un cambio del umbral del estímulo o situación inicial diferenciada. Es un sistema selectivo de influencias inhibitorias y allanadas en relación con una comprobación informativa dirigida por un circuito regulador.

Figura 1.27: *Representación esquemática de un circuito regulador (de la instrucción DIN 19226). Z = cantidad de alteración, W = cantidad de conducción F = antena, St = puesto de enclavamiento, X = magnitud regulada, Y = magnitud de ajuste, EFF = efector (tramo de regulación).*



1.4.4. Alteraciones de la función

Las alteraciones de la función pueden estar ocasionadas entre otros factores por:

- alteraciones a consecuencia de fuerzas externas (ver física),
- alteraciones a consecuencia de fuerzas internas (ver fisiología),
- alteraciones por pérdida de la identidad (behaviorismo).

Los factores de trastorno son por lo tanto de tipos diferentes y proceden de muy diferentes condiciones. Todos conducen más tarde a cambios y muchos a mermas del nivel de rendimiento dado con anterioridad, algunos de forma persistente. Los trastornos que llevan a la pérdida de identidad exigen una minuciosa renovación psicológica. También las alteraciones de la función del movimiento pueden incluirse en estos casos. Por eso para el fisioterapeuta son útiles e imprescindibles los conocimientos básicos de psicología. El fisioterapeuta actúa de manera deficiente si –dentro de los límites de sus conocimientos y capacidades– no ayuda a reconocer y eliminar los elementos básicos de un trastorno fun-

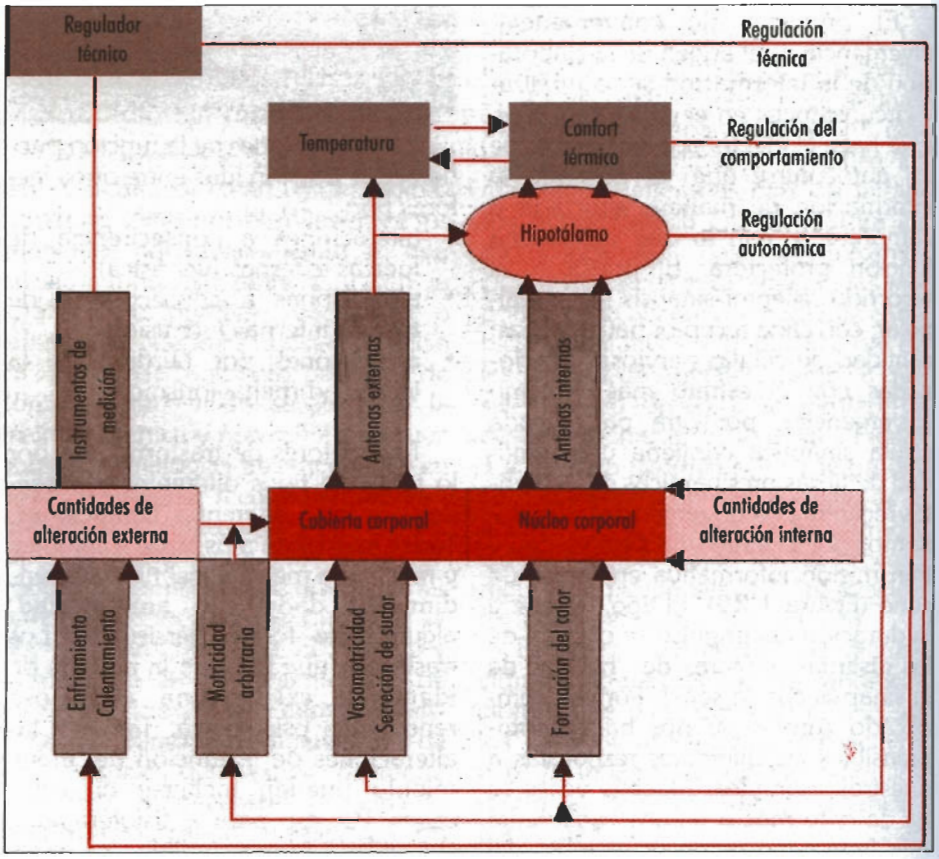


Figura 1.28: *Regulación en el ejemplo de la regulación de la temperatura humana (de Hensel).*

cional y sus frecuentes consecuencias latentes. Los caminos para el reconocimiento y tratamiento tienen que estar adecuados a cada caso en particular. En este punto también se trata del intento de aprender a observar el principio básico general de todas las alteraciones funcionales como guía para el tratamiento fisioterapéutico y meta máxima a alcanzar.

1.4.5. Aprendizaje de la función

A los anteriormente citados requisitos les siguen, a modo de bosquejo, los métodos para la reflexión en el tratamiento fisioterapéutico desde el punto de vista del aprendizaje de la función: dado que el trastorno funcional puede ser puesto a la misma altu-

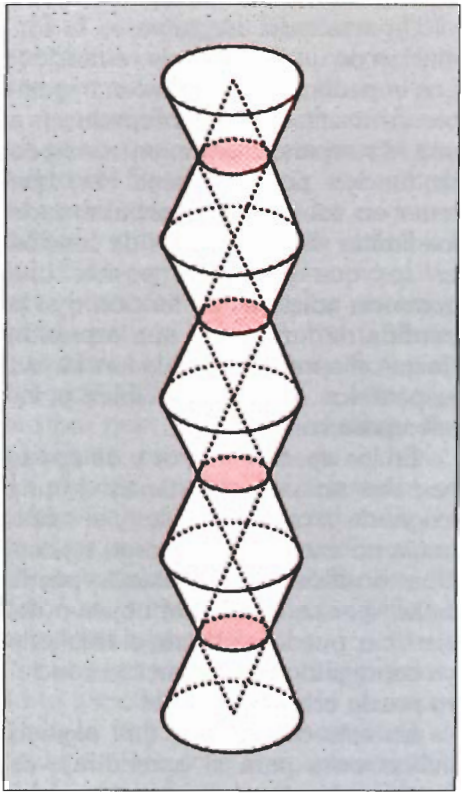


Figura 1.29: *Esquema del principio de convergencia y divergencia en la elaboración de la información (de Mountcastle y Keidel).*

ra que la alteracion del sistema del circuito regulador, entonces la conducción del aprendizaje de la función es la restauración a su nivel inicial del equilibrio dentro del circuito regulador.

El objetivo de cada formación de la función es la ejercitación de ésta, es decir, su utilización. El valor de utilización es –como en la arquitectura– idéntico a una limitada solución económica funcional. La economía se alcanza mediante el aprovechamiento de los mejores valores funcionales y con el respeto a todos los límites funcionales de cada elemento de un organismo o de una estructura corporal. El ejercicio de la función (utilización) representa un estímulo adecuado para las mejoras de las funciones. Son el objetivo en el tratamiento de la fisioterapia, cuando la función económica condicionada por la enfermedad aún no se ha alcanzado. Como métodos se dispone de: 1. el ejercicio, 2. el entrenamiento. El *ejercicio* lo interpretamos como la repetición de desarrollos funcionales coordinados sin agregarles dificultad por medio de una acción de fuerza o más exigencias en la resistencia. El *entrenamiento* es la práctica de los requisitos con más dificultades.

Los desarrollos funcionales y la coordinación se aprenden mediante la práctica del rendimiento de los movimientos y de las posturas. La habilidad es un objetivo para la llamada motricidad selecta. La destreza es la expresión del rendimiento funcional de grandes series musculares bajo la inclusión de los componentes de habilidad. La fuerza es entrenable; se produce una mejora de la capacidad de contracción del músculo. La resistencia es igualmente un resultado del entrenamiento relacionado sobre todo con el corazón y la circulación.

El resultado óptimo de un aprendizaje de una función es la mayor economía posible de los movimientos o actividades.

Un resultado *máximo* puede ser, según las circunstancias, idéntico a la adaptación y el ajuste a un bajo nivel de función cuando las condiciones previas no permiten que el resultado sea óptimo.

Un resultado *aceptable* es la formación de una función de restitución. Los impedimentos que hacen imposible un resultado óptimo conducen a una discrepancia entre un resultado de función posible y real. Hay que tener en cuenta si se han alcanzado los límites de los campos de función en los que ya no es posible una ganancia adicional de función o si la pérdida de función es una expresión de que el aprendizaje de la función no respeta los límites asequibles y los sobrepasa con violencia.

En los aparatos motor y de apoyo hay dos señales importantes de una exigencia excesiva, el dolor y el calentamiento excesivo incluso en reposo. Una dosificación defectuosa puede evitar que se alcance el objetivo del ejercicio, puede relativizar el resultado ya conseguido de un ejercicio o incluso puede echarlo a perder.

En este contexto se dan algunas indicaciones para el aprendizaje de función: Los conocimientos de las condiciones previas anatómicas, los transcursos de función y los límites de función son condiciones previas para saber lo que se puede y debe practicar. Lo que no se puede aprender no se debe practicar.

Las condiciones anatómicas variadas y las modificaciones de las capacidades de función limitan los resultados alcanzables del ejercicio.

Los trastornos de función se deben tratar siguiendo la siguiente progresión: Descanso para la recuperación-fase de la ganancia de movimiento-fase de la ganancia de fuerza-ganancia en habilidad.

En la valoración de la forma de ejercicio predomina lo activo sobre lo pasivo. Una guía psicológica es incluso más importante que una guía mecánica. El valor de empleo del todo es más importante que las acciones independientes de una parte.

Consecuencia: la función se puede exponer de la forma más clara posible gracias al modo de pensar cibernético como un circuito regulador invariable. Igualmente el tratamiento es el del trastorno de ese circuito regulador, aunque con el objetivo de que, a través de señales, se cree un impulso nuevo y modificado con un efecto reconocible. Se alcanza el objetivo del tratamiento cuando queda montado el nuevo circuito regulador. Siguiendo el resultado de la posible curación, el circuito se ha completado cuando ya no es comparable, ni siquiera en parte, con el circuito regulador que sirvió de punto de partida para el tratamiento.

La salud es, bajo este aspecto, el engranaje invariable de todos los procesos de regulación vital.

1.4.6. Función e identidad

En la actividad, y por importantes motivos físicos y fisiológicos que indudablemente condicionan la función y que son indispensables para el entendimiento del tratamiento fisioterapéutico, se cae en el peligro de entrar sólo en consideraciones puramente científicas. Tampoco el modo de pensar cibernético, a pesar de su unión entre técnica biología, sociología y psicología, está libre de la reducción sistemática, sobre todo porque se basa en las

matemáticas. Considerada desde un punto de vista matemático, la función se deja representar como una fórmula y = f (x), donde cada comprobación se mantiene firme aunque se den trastornos de función u otros términos derivados (para más información véase Haeusermann 1976). Pero ¿se juzga con ello a los seres humanos en la suma de sus capacidades y disposiciones? El tratamiento ¿es sólo un proceso de reparación para funciones alteradas?

¿Por qué el paciente se queja de una función alterada, perdida o anulada? Él no puede más. Necesita la ayuda de otros. No es capaz de expresar sus propios deseos, pues ya no está en sus plenas facultades. Esto hace que podamos entender la observación de reacciones erróneas en los pacientes (agresiones, apatía, depresión reactiva).

Los trastornos de la función tienen como consecuencia la pérdida de identidad.

Es decir: La identidad es el desarrollo de la personalidad con todas sus capacidades en cualquier situación. Es la afirmación de la propia personalidad y su forma de expresión. Buytendijk (1956) ha realizado exposiciones sobre la forma de expresión del hombre; nos llama la atención sobre ello. También Feldenkreis (1978) apoyó la relación de cambio de identidad–función para el distintivo esencial del cumplimiento de las posibilidades del ser humano y elige el término "conciencia" para el encuentro de la identidad; "donde ésta está completa, impera el poder armónico sobre las actividades corpóreas".

Las pérdidas de función no sólo aparecen en el ámbito corporal o como una forma reactiva de éste.

Es complicado para los médicos, así como para los que realizan el tratamiento fisioterapéutico, ese grupo de pacientes que buscan los orígenes del trastorno de función en el ámbito somático, pero no pueden o no quieren reconocer sus propios motivos parasomáticos. Una gran parte de lo que antes se denominaban molestias "vegetativas" pertenecen a ellos, lo mismo que un gran número de pacientes con dolores de cabeza, de espalda, trastornos del sueño y otros muchos más. Es recomendable, en estos casos de verbalización sospechosa, estar atento a los trasfondos de dolor no somáticos y a las señales corpóreas espirituales.

Los trastornos de función pueden llevar a modificaciones de la personalidad, en tanto que no tiene sentido el llevar al afectado a la aceptación del nivel de función en que ha quedado o el modificado y con ello se le ayuda a que reencuentre su identidad.

Las experiencias y resultados de la medicina psicosomática, los conocimientos de la forma de pensar y actuar psicológica profunda y psicoterapéutica, así como las técnicas de los grupos Balint, pueden ser de gran ayuda para el terapeuta. Con ello se debe ser consciente del peligro que conllevan las experiencias suficientemente defectuosas en las llamadas formas de actuar.

Shilling (1977) señala que la enfermedad (trastorno funcional) es compañera del hombre, al que lleva a modificaciones de la forma y la fun-

ción, quedando, sin embargo, reconocible la forma funcional individual de cada uno. Esto sólo es posible cuando la aceptación de la dolencia se consigue sin autodestrucción.

Para el entendimiento de la cronicidad de una dolencia, Shilling nombra tres fases por las que debe pasar el afectado: fase de shock, fase de adaptación y fase de integración.

2. TÉCNICAS DE LA FISIOTERAPIA

H. Ehrenberg y K. Jückstock-Kaerger

2.1. INTRODUCCIÓN

El movimiento es el resultado "del funcionamiento combinado de músculos, tendones, articulaciones y huesos, es decir, de la interacción activa y pasiva del sistema locomotor". (Barham 1982). La actividad muscular es posible gracias a la función neurofisiológica de la motricidad sensorial y a los procesos energético-musculares. Sin embargo el factor más importante para el movimiento es el ser humano cuando está motivado para aquél. Esto es válido también para la terapia de movimiento. Para la motivación, en la práctica es determinante la *información al paciente* sobre el objetivo del tratamiento fisioterapeútico y *el aprendizaje de la observación del cuerpo.* Ambos conceptos son importantes para la práctica individual de los pacientes. El aprendizaje de la observación ocurre cuando se dirige la atención hacia el cambio de tensión de los músculos, a las diferentes posturas del cuerpo, a las elongaciones musculares, a los movimientos de las articulaciones, a las posturas en el trabajo, etc.

Las técnicas en la fisioterapia se dividen en:

- Técnicas fisioterapeúticas de exploración.
- Técnicas fisioterapeúticas de tratamiento.

Las técnicas de tratamiento se subdividen en técnicas activas y técnicas pasivas. Esta división se hace para conseguir un aspecto general sistemático. Se completa con la inclusión de los capítulos "Moverse en el agua" y "Técnicas fisioterapeúticas especiales".

2.2. EXPLORACIÓN EN FISIOTERAPIA[1]

La exploración fisioterapéutica está orientada al objetivo de plantear una recopilación planificada y enjuiciada de datos, lo que nos proporciona un cuadro suficientemente completo y detallado de la situación actual del paciente. Esta repetida y sistemática recopilación de resultados es necesaria porque

- gracias a ella se ejercita la observación selectiva y el enjuiciamiento seguro,
- se añade el análisis de los resultados de la exploración, de donde se deducen las metas del tratamiento, los principios del tratamiento y la aplicación de las técnicas de tratamiento,

[1] *En colaboración con H. Lehman, Staatliche Berufsfachschule für Physiotherapie (Instituto Estatal de Fisioterapia), Bayreuth; A. Hüter-Becker, Schule für Krankengymnastik an der Orthopädischen Univ. Klinik (Escuela para la Terapeútica de la Clínica Universitaria de Ortopedia), Heidelberg.*

- a través de esto es posible un control de los resultados del tratamiento,
- se puede incluir en la documentación de los procesos de tratamiento,
- con su ayuda se puede optimizar la actividad fisioterapéutica.

Tampoco hay que olvidar que, por razones de responsabilidad legal, es imprescindible disponer de la documentación completa. La exploración fisioterapeútica contiene las siguientes técnicas:

1. *Observación*, esto es con ayuda:
- de la observación óptica= diagnóstico visual, inspección,
- de la observación táctil= diagnóstico de tacto, palpación,
- de la observación acústica= diagnostico de audición.

2. *Preguntas* al paciente:

a) por sus padecimientos, sobre todo por sus dolores (localización, duración, aparición en determinadas espacios temporales o en determinados movimientos, etc.);

b) por su situación doméstica antes del alta clínica, es decir, saber si el paciente, cuando no depende de sí mismo, tiene la posibilidad de obtener ayuda exterior.

3. Valoración de la fuerza muscular, por ejemplo según el examen de fuerza muscular de Daniels y Worthingham (1982), así como la capacidad de tensión muscular, por ejemplo según Janda (1979).

4. Medición, por ejemplo, de los movimientos de las articulaciones según el "Neutral-Null-Methode" (método neutral-nulo) de Debrunner (1971), mediciones de sensibilidad eléctrica con las llamadas curvas I-T, mediciones periféricas de las extremidades o del tórax en centímetros, medidas de las frecuencias respiratoria y cardíaca en cifras, etc.

5. Pruebas de reacción a los estímulos, es decir, por inclusión de sensaciones (estímulos a los que tiene que reaccionar el paciente); probar, por ejemplo, el equilibrio sentado o de pie, examinar el desarrollo motor en los niños, examinar la capacidad de reacción en pacientes con posibilidad de alteraciones de la conciencia por efectos de una vigilia prolongada (caso de vigilantes), etc.

El *comportamiento* de los pacientes puede estar influenciado por la enfermedad y las situaciones relacionadas con ella. Una observación del comportamiento del paciente –mientras tenga un significado para la situación terapéutica– tiene que ser tenida en cuenta por la exploración fisioterapéutica, pero no se anota por escrito porque depende demasiado de la situación y es por ello muy variable.

La exploración se hace *antes, durante y al final* del tratamiento fisioterapéutico. Para poderla valorar sistemáticamente se van a añadir, junto a las observaciones generales, los diagnósticos de los *órganos* o de los *sistemas orgánicos*, o sea
- de la *piel (panículo adiposo)* en relación con el color, temperatura, elasticidad, trofismo (nutrición, por ejemplo, empleo de las zonas de presión), sensibilidad (sensación), la denominada intercambia-

bilidad entre la piel y las fascias corporales; relieve cutáneo respecto de las denominadas hinchazón y retracción en "el diagnóstico del tejido conjuntivo" (Kohlrausch 1959, Teirich-Leube 1983), relieves cutáneo y muscular (atrofia muscular – hipertrofia muscular), hemostasis y edema, venas cutáneas (venas marcadas, varices);

- de los *huesos* en relación con la desviación del eje del tronco y de las extremidades, diferencias de longitud de las extremidades;
- de las *articulaciones* en relación con la forma, medición del movimiento (hipomovilidad o hipermovilidad), dolores, sonidos al moverse;
- del *sistema neuromuscular* en relación con sus características sensomotrices, es decir, existencia de cambios:
  - la sensibilidad (en la superficie o en el interior),
  - del sensorio (percepción sensorial de los ojos y oídos),
  - de la motricidad en relación con los cambios en el comportamiento reflejo y la motricidad diaria,
  - de la musculatura en relación con la tensión muscular, la fuerza muscular, resistencia de la fuerza muscular;
- de la *circulación* (corazón y vasos) en relación con el pulso y con la presión arterial, opinión subjetiva y sensación de la capacidad en el esfuerzo ortostático (concerniente a la postura del cuerpo) y en el esfuerzo continuado, color de la piel, edemas, dolores en las extremidades y "en el pecho";
- de la *respiración* en relación con la manera de respirar (vías respiratorias, movimientos en la respiración, frecuencia y ritmo de la respiración, trastornos respiratorios, tos y secreciones de bronquios, forma del tórax, movilidad de las costillas);
- de los *órganos del abdomen* en relación con la piel y con el diagnóstico de palpación de los músculos del abdomen y de la región lumbar en caso de estreñimiento;
- del *sistema urogenital* en relación con molestias en la micción, la incontinencia urinaria, en formas sencillas de descenso de la matriz.

Los *resultados se incluirán en los formularios de diagnóstico.* Se incluirá en ellos el nombre, los datos personales, se consignará el diagnóstico dado por el médico y se describirá la situación actual (fuerza, lucidez de conciencia, dolores, disponibilidad de ayuda exterior e independencia relacionada con los movimientos diarios). En otros formularios se anotarán los resultados del reconocimiento, de las preguntas al paciente, de las pruebas de estímulo y reacción. En otros formularios se registrarán los valores y apreciaciones de la medición de la fuerza muscular, del "método neutral-nulo", del volumen de las extremidades o del tórax, de la curva I-T y otros. En el último formulario de diagnóstico se analizarán y valorarán los últimos resultados de la exploración. *Esta valoración es la base para un plan de tratamiento fisioterapéutico,* el cual se divide en objetivos, pun-

tos de vista, es decir, principios y medidas. A través de exploraciones repetidas se comprueba la efectividad del tratamiento fisioterapeútico. Para ello son necesarios los avisos o mensajes sobre posibles graduaciones o variaciones del subsiguiente desarrollo del tratamiento.

2.3. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO

2.3.1. Posiciones[1]

Definición: las posiciones son las posturas del cuerpo en las que comienzan los movimientos, con cuya actividad o paralización se van a representar las condiciones para la tensión o la relajación.

Se diferencian cuatro posiciones en el cuerpo: decúbito supino, decúbito prono, sedestación, bipedestación. Para la elección de las posiciones hay que tener en cuenta varios factores que en el capítulo sobre fisioterapia se describen en diferentes áreas de la medicina. En este capítulo se comentan las posiciones en relación con la actuación de la fuerza de gravedad.

Sobre la estabilidad e inestabilidad de las posiciones

El centro de gravedad del cuerpo es un punto ficticio en el que físicamente se estima concentrado el peso del volumen corporal. Es el punto de aplicación de todas las fuerzas en el cuerpo y cambia su situación según la distribución del volumen corporal. Por él, el peso del cuerpo es atraído hacia el centro de la tierra. Si se está de pie, el centro de gravedad se sitúa en el plano sagital medio (zona del eje de simetría del cuerpo) algo por encima de la segunda vértebra sacra y por debajo del promontorio (eminencia o elevación entre la 5ª vértebra lumbar y la 1ª vértebra sacra, la que más sobresale en la pelvis).

Ya que el cuerpo, estando en posición erecta, se puede girar por el eje de la articulación (centro giratorio de rotación) en las articulaciones del pie, de la rodilla, de la cadera y de la columna vertebral, se encuentra en un equilibrio inestable cuando el centro de gravedad está situado por encima de los centros giratorios de rotación. Entonces el centro de gravedad se sitúa con respecto al suelo en una línea vertical llamada línea de gravedad (Figuras **2.12 a, b** y **2.14 a, b**), sobre la superficie de apoyo, es decir, en los puntos del interior de una curva cerrada. Si la línea de gravedad sobrepasa esta superficie de apoyo por debajo del centro de gravedad del cuerpo, es decir, si se sitúa fuera de ella, entonces se requiere hacer fuerza en el tronco y en las piernas o sostener el cuerpo con los brazos para proteger el cuerpo de una caída. Por esto, la posición es más *estable* cuanto más grande sea el área de apoyo y cuanto

[1] *En colaboración con el Prof. Dr. Méd. H. M. Schmidt, Anatomisches Institut der Universität (Instituto Anatómico de la Universidad), Bonn.*

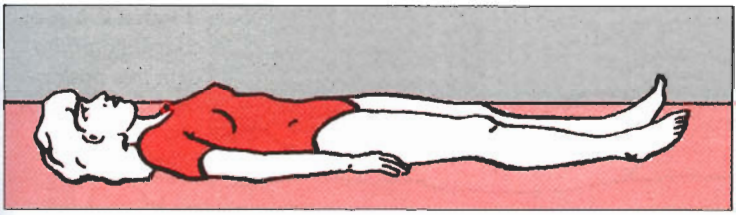


Figura 2.1:
Decúbito supino.

Figura 2.2:
Decúbito lateral.

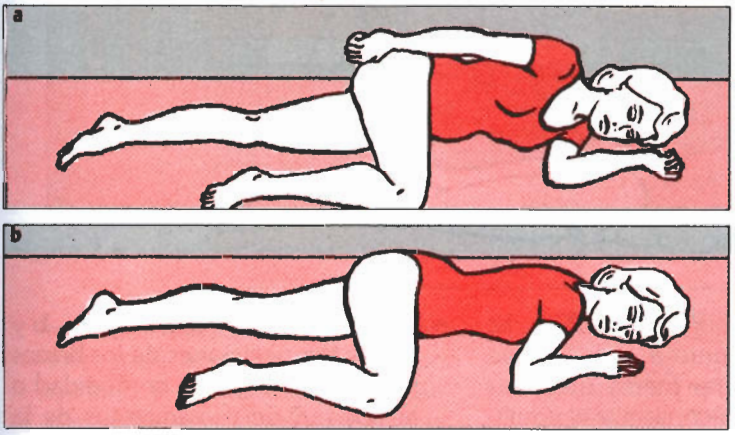


Figura 2.3 a y b:
Decúbito lateral estabilizado.

más abajo se encuentre el centro de gravedad del cuerpo con respecto a éste. Es más *inestable* cuanto menor sea la curva de apoyo y más alto esté el centro de gravedad. En este caso es necesaria poca fuerza para sacar al cuerpo de un equilibrio inestable y provocar la caída.

Para moverse en una posición erecta hay que tener también en cuenta la naturaleza del área de apoyo, si es movible (inestable) o fija (estable). Una complexión robusta requiere una mayor fuerza que se oponga, mejora la contracción muscular y con ello la estabilidad. Una base movible se mueve por el peso del cuerpo, la base de apoyo se desliza, la estabilidad se vuelve insegura.

Las posiciones más usuales

Decúbito

La posición tumbada es, con respecto a la influencia de la fuerza de la gravedad en el cuerpo, la más sencilla, puesto que el cuerpo está totalmente apoyado y fijado por el peso. Coincide el centro de gravedad con el

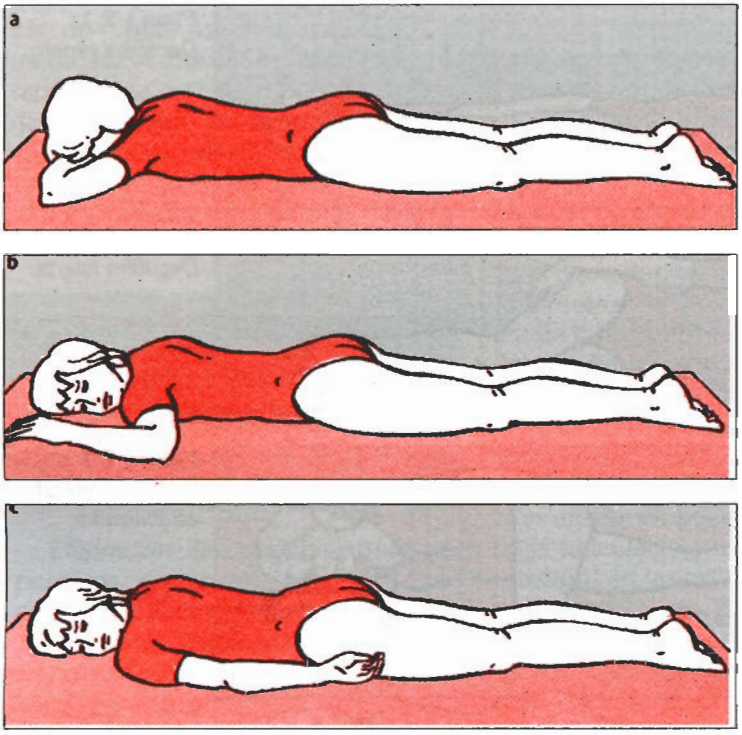


Figura 2.4 a-c: *Decúbito prono con tres posiciones de los brazos.*

centro giratorio de rotación, se encuentran uno junto a otro, así que sólo hace falta una fuerza muscular insignificante para conseguir el equilibrio entre todas las fuerzas que tienen lugar en el cuerpo.

- Decúbito supino (Figura **2.1**): en algunos enfermos la posición horizontal tiene que ser modificada por un ligero levantamiento del tronco mediante cojines o almohadas debajo de la cabeza o las rodillas.
- Decúbito lateral (Figura **2.2**): es una posición que cambia dependiendo de las diferentes posturas de los brazos y piernas, y que en parte se puede estabilizar y permite muchas variaciones (Figuras **2.3 a y b**).
- Decúbito prono (Figura **2.4 a, b y c**): las tres posiciones de los brazos se ordenan según la comodidad o la libertad de movimientos de la postura de la cabeza.

Sedestación

En la posición recta sentada, reaccionan contra el mantenimiento del equilibrio inestable las siguientes fuerzas influyentes en la acción de la gravedad:

a) el apoyo del cuerpo mediante la posición de asiento,

b) la contracción muscular estática de los músculos de la espalda, de los hombros y del abdomen. La consecución del equilibrio sentado (igual que ocurre estando de pie)

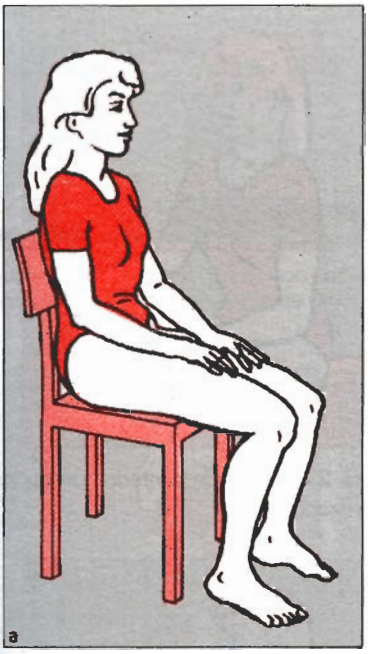


Figura 2.5 a: *Posición sentada en la silla.*

Figura 2.5 b: *Posición sentada en un taburete.*

se puede complicar cuando se está sobre una base móvil como, por ejemplo, el columpio que se balancea, el que gira, el balón de terapia.

- Posición sentada en la silla o en el taburete (Figura **2.5 a** y **b**).
- Posición sentada encima del balón terapéutico (Figura **2.6**), en columpio balancín o giratorio, es decir, encima de una base inestable (móvil).
- Posición sentada con las piernas separadas (Figura **2.7 a**).
- Posición sentada con las piernas estiradas (Figura **2.7 b**).

Bipedestación

Las posiciones de pie se diferencian unas de otras dependiendo de la altu-

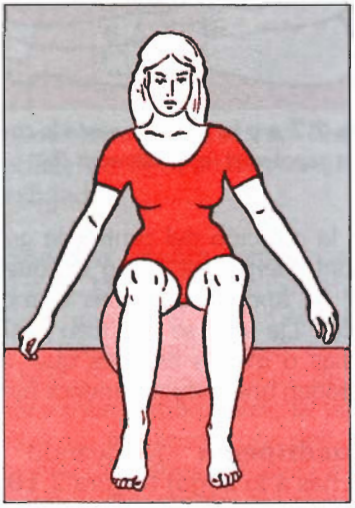


Figura 2.6: *Posición sentada encima del balón terapéutico (introducida por Klein-Vogelbach).*

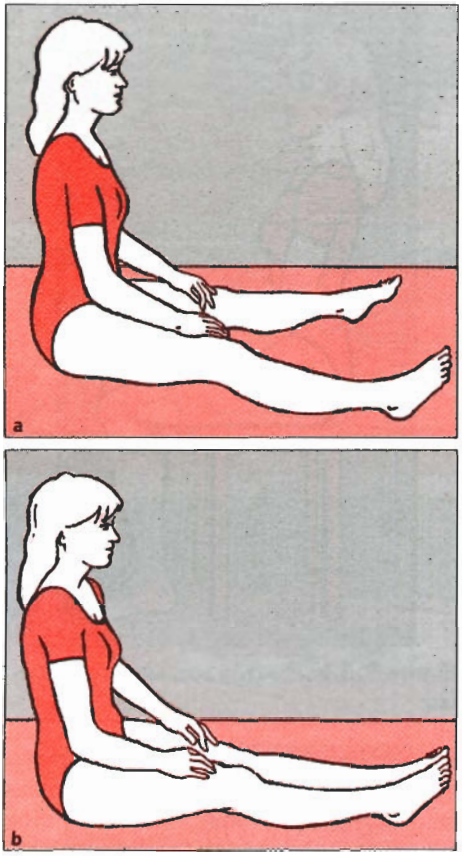


Figura 2.7 a y b: *Posición sentada con las piernas separadas (**a**) y estiradas (**b**).*

ra de la posición del centro de gravedad del cuerpo así como de que las áreas de apoyo sean más o menos grandes. De aquí se deducen posiciones más o menos estables que, a su vez, exigen una mayor o menor fuerza.

Cuadripedia (apoyando las ropiernas a lo largo) (Figura 2.**10**): el peso del cuerpo se reparte casi de la misma manera entre los brazos y las piernas. La superficie de apoyo que

Figura 2.8: *Posición sentada con las piernas cruzadas.*

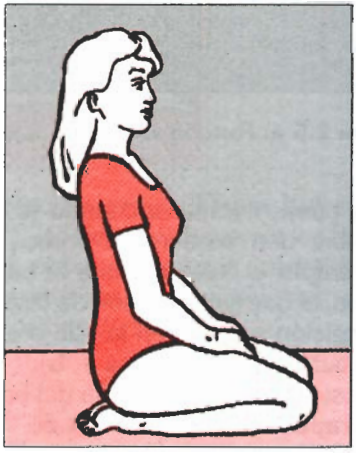


Figura 2.9: *Posición sentada sobre los talones.*

se encuentra entre los brazos y las piernas es grande. El centro de gravedad del cuerpo en esta posición se ha trasladado de la región craneal al tronco. (Kummer 1960). La vertical que cae desde el centro de gravedad del cuerpo se sitúa por delante de las rodillas en la superficie de apoyo

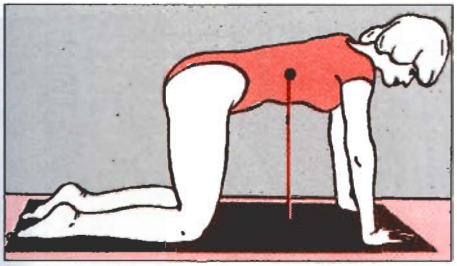


Figura 2.10: *A cuatro patas con superficie de apoyo y vertical del centro de gravedad.*

Medio arrodillamiento (Figura **2.11 b**): sirve de variante al arrodillamiento completo y se utiliza como paso intermedio para ponerse de pie. El peso del cuerpo descansa especialmente en la rodilla apoyada, en la pierna y en el dorso del pie, pero también se puede repartir un poco a la pierna colocada delante. Entonces la vertical gravitatoria cae-

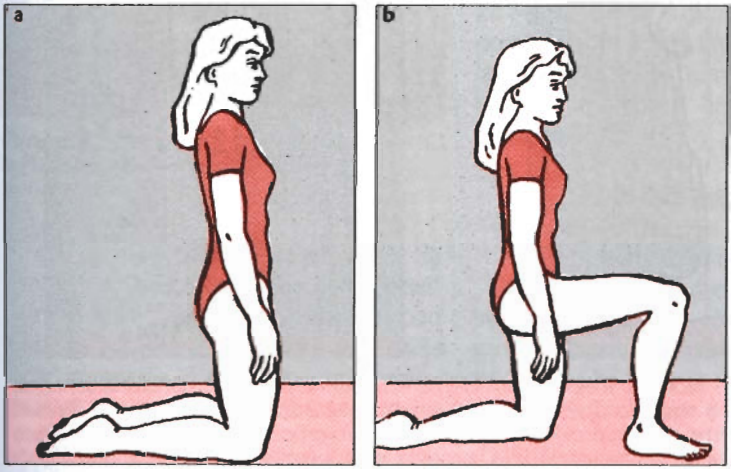


Figura 2.11: *Arrodillado (**a**) y medio arrodillado (**b**).*

(Figura **2.10**), por lo que cuando se separen las manos de la superficie de apoyo, el centro de gravedad corporal tiene que ser llevado hacía atrás para evitar la caída del cuerpo.

Arrodillado (Figura **2.11 a**): el peso del cuerpo descansa sobre ambas rodillas, las piernas y el dorso de los pies. Comparado con la posición erecta, el centro de gravedad del cuerpo se ha acercado al suelo. Una mayor separación de las rodillas aumenta la superficie de apoyo y mejora la estabilidad de la postura.

ría desde entre las piernas hacia la superficie de apoyo. Esto mejora la estabilidad.

Posición erecta (bipedestación) (Figura **2.12 a**): en la persona en posición erecta, el peso corporal se reparte paralelamente a la columna vertebral. El peso se reparte de igual manera sobre ambos pies, la vertical gravitatoria transcurre por detrás del eje frontal de ambas articulaciones de la cadera y delante del eje frontal de ambas articulaciones de la rodilla, y se encuentra entre los pies en la

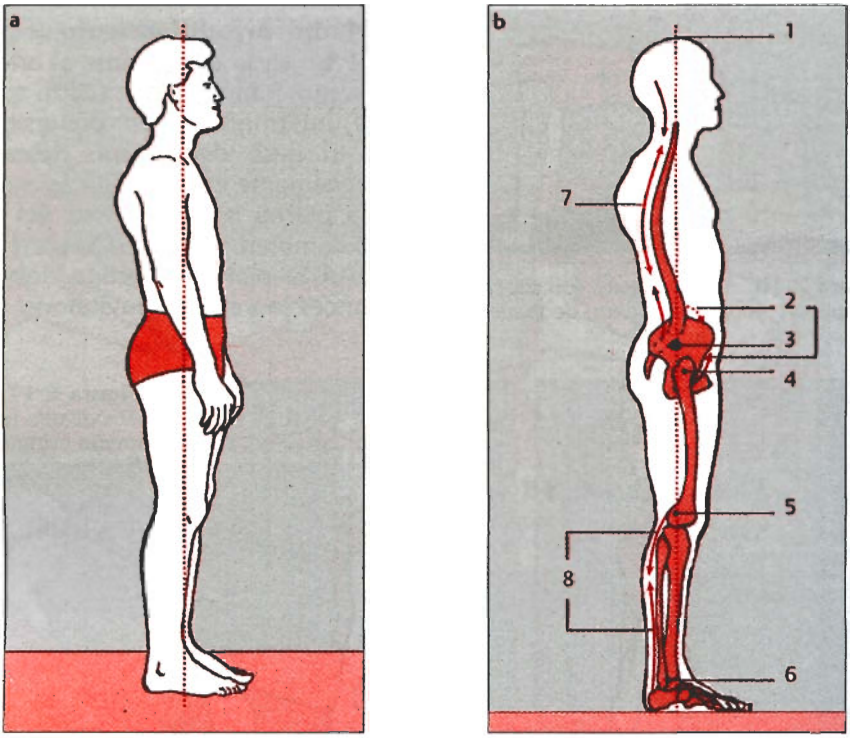


Figura 2.12 a-b: ***a)*** *Hombre joven en posición erecta con la vertical gravitatoria señalada.* ***b)*** *De pie en posición relajada. 1 línea vertical gravitatoria, 2 músculo psoasiliaco, 3 centro de gravedad del cuerpo, 4 proyección del eje frontal de la articulación de la cadera, 5 proyección del eje frontal de la articulación de la rodilla, 6 proyección del eje de la articulación superior del tobillo, 7 músculo erector de la columna, 8 flexores de la pierna (de Kummer).*

superficie de apoyo (Figura **2.12 b**). Esta postura tan cómoda proporciona estabilidad cuando hay poca actividad muscular del músculo erector de la columna en la espalda y de los flexores de la pierna. "En esta posición los ligamentos iliofemorales de ambas articulaciones de la cadera, los ligamentos laterales y los cruzados están tensados en las articulaciones de la rodilla" (Frick y colaboradores, 1987).

- Posición normal (Figura **2.13 a**): de pie, con los pies poco separados, los cuales soportan a partes iguales el peso del cuerpo. La superficie de apoyo es pequeña, el centro de gravedad corporal está, en comparación con la posición de rodillas, más alto. La vertical gravitatoria se sitúa en esta posición –reseñada por Frick como "posición relajada"– aproximadamente en el punto terciario posterior del diámetro sagital de la superficie de apoyo (Figura **2.14 a**). En la superficie de apoyo está dibujado el eje sagital, el cual ha sido dividi-

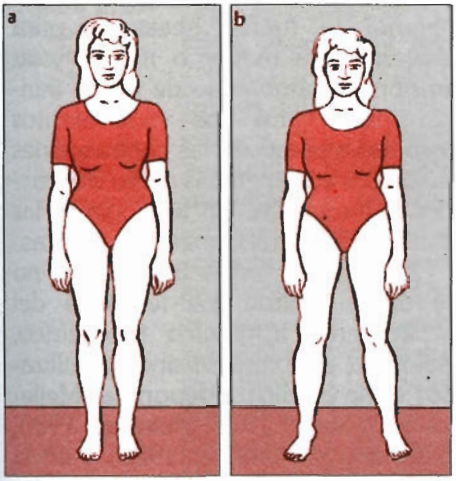


Figura 2.13 a y b: ***a*** *Posición normal,* ***b*** *Posición con las piernas abiertas.*

do en tres partes para indicar la vertical gravitatoria. En esta "posición normal", en comparación con otras posiciones erectas, está más amenazado el equilibrio inestable.

- *Posición con las piernas separadas* (Figura **2.13 b**): de pie con las piernas separadas el ancho de las caderas, donde los pies ligeramente van hacia los laterales. La superficie de apoyo (Figura **2.14 b**) es grande y garantiza una clara estabilidad. Esto sirve también para la posición de marcha.

La consecución del equilibrio en las posiciones corporales sentadas y de pie es básicamente el trabajo del llamado reflejo propio de los músculos.

Éstos dan lugar en la traslación del centro de gravedad del cuerpo contra el borde de la superficie de apoyo a contracciones musculares estáticas en las caderas y las piernas; también los brazos colaboran en la consecución del equilibrio.

Suspendido

(está reseñada más adelante como actividad inicial)

Al colgarse, el centro de gravedad se encuentra por debajo del punto giratorio, es decir, por debajo del objeto agarrado con las manos (anillas, barra, espalderas). Hay un equilibrio estable.

Al colgarse, se debe observar una clara tensión de los músculos de la cintura torácica. (Figura **2.15**).

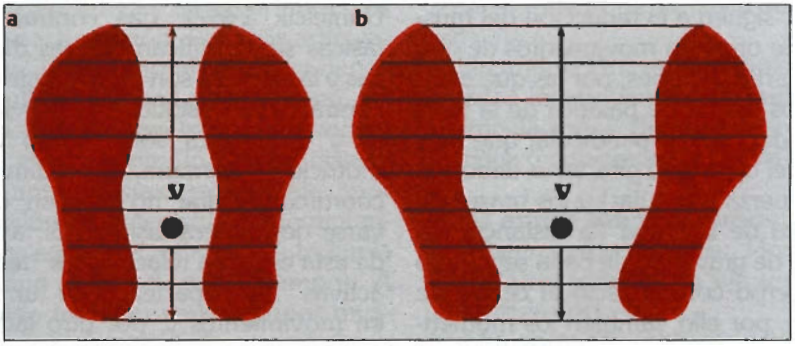


Figura 2.14 a-b: *Superficie de apoyo y situación de la vertical gravitatoria,* ***a*** *en posición normal.* ***b*** *con las piernas separadas.*

2.3.2. Técnicas activas

Respecto a la terminología

Las técnicas de tratamiento fisioterapéuticas, que exigen una actividad muscular por parte de los pacientes y no son designadas como "técnicas especiales de tratamiento fisioterapéutico", se incluyen en los conceptos de *movimiento y postura*. La terminología fisioterapéutica define ambos modos de contracción muscular. En el experimento fisiológico se designan como contracción isotónica (acortamiento del músculo causada por una tensión constante) y como contracción isométrica (aumento de la tensión del músculo por un constante estiramiento). Las contracciones isométricas aparecen en los movimientos cotidianos (posición del cuerpo en contra de la fuerza de la gravedad), en los movimientos relacionados con la actividad laboral (cargar con un peso) y en el deporte. Las contracciones isotónicas son sólo posibles en experimentos fisiológicos. En el día a día, en el trabajo, en el deporte o en la danza apenas aparecen, porque los huesos, debido a su trabazón con las articulaciones, siguen a la reducción del músculo. Se originan movimientos de giro en las articulaciones, por las que cambian los brazos de palanca de la fuerza (es decir, la perpendicular que baja desde el centro de giro en la dirección de la fuerza muscular) y los brazos de palanca de la carga (la distancia del centro de gravedad de cada segmento del cuerpo con respecto al centro de giro) y, por ello, también los momentos del giro. Debido a esto, el esfuerzo que tiene que hacer un músculo para obtener la fuerza necesaria para moverse será mayor o menor y su tensión va cambiando de forma ininterrumpida. En los movimientos corporales aparecen las contracciones isotónicas e isométricas como contracciones mezcladas. En fisiología se las denomina contracciones auxotónicas.

En el futuro en la fisioterapia, no se deben utilizar los términos del experimento fisiológico (isométrico, isotónico, auxotónico) sino los utilizados en la medicina deportiva (Mellerowicz y Meller 1978, Heirpertz 1980, Hollmann y Hettinger 1980) y en la medicina del trabajo (Valentin y colaboradores, 1985) de *contracciones dinámicas en el movimiento* y *contracciones estáticas en la postura*. Estas denominaciones caracterizan mejor, dentro del ámbito de la utilización especializada del idioma, los procedimientos motores y sobre todo tienen más en cuenta los factores variables de fuerza y carga en los movimientos de las articulaciones.

En las técnicas de tratamiento para los trastornos cerebrales se hace distinción entre contracciones musculares fásicas y tónicas (Feldkamp y Danielcik 1982). Las contracciones fásicas se identifican con las dinámicas y las tónicas son equivalentes a las contracciones estáticas. El movimiento y la postura son, dentro de la motricidad humana, procedimientos *coordinados* que no pueden observarse de manera aislada. Si, a pesar de esta estrecha relación, las "técnicas activas" se reparten, por un lado en movimientos y, por otro lado, en posiciones, entonces se tendrá en cuenta que en la fisioterapia los

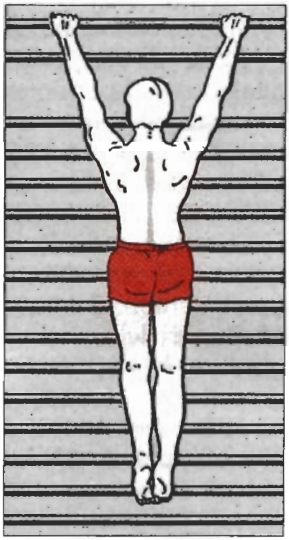


Figura 2.15: *Colgado en las espalderas.*

modos de movimiento y de posición provocan efectos diferenciados y por eso se emplean técnicas especiales de movimiento y posición.

2.3.3. Movimiento

Definiciones: con el término "movimiento" se designa las contracciones musculares dinámicas causadas por la acción del eje de rotación de las articulaciones. Según su capacidad de esfuerzo, trabajan músculos de una articulación o de más articulaciones (las denominadas cadenas musculares) como actuantes en un cierto sentido (agonistas) o provocando el efecto contrario (antagonistas). Los antagonistas posibilitan, por reducción de su tensión, el movimiento a los agonistas, esto es, controlan la amplitud y la velocidad (tempo). A menudo trabajan varios grupos musculares en forma sinérgica, es decir, trabajando todos con la misma eficacia. Mediante las formas de articulación y sus características principales se dan diferentes grados de libertad, que posibilitan los siguientes movimientos básicos:

- Flexión (doblar) – extensión (estirar).
- Abducción (separar) – aducción (acercar).
- Rotación externa (rodar hacia fuera) – rotación interna (rodar hacia dentro).
- Supinación de la mano con el codo doblado (la palma de la mano visible).
- Pronación de la mano con el codo doblado (el dorso de la mano visible).
- Inversión (antero-supinación) del pie (elevando el interior del pie); eversión (antero-pronación) del pie (elevando el exterior del pie) son movimientos de la baja articulación tibiotarsiana (nueva denominación del concepto según Debrunner 1971, "Neutral-Null-Methode").
- Supinación – pronación del antepié, que aparece en la fijación del calcáneo con el astrágalo a través de la torsión de la placa subastragalina.
- Circunducción, que es la suma de todos los movimientos posibles en articulaciones de dos o tres ejes (Frick y colaboradores, 1987).

Al andar diferenciamos:

- *Movimientos aislados:* Movimientos alrededor de un eje y en una articulación.
- *Movimientos complejos:* Movimientos que tienen lugar alrede-

dor de más de un eje en una articulación, o movimientos en diferentes articulaciones, que tienen lugar en el mismo momento o uno detrás de otro. El concepto de movimientos complejos no puede ser confundido con el sistema de movimiento denominado "movimiento complejo" de Kabat-Knott = FNP ("facilitación neuromuscular propioceptiva"), porque esta técnica especial se utiliza en determinados ejercicios de movimiento.

Movimiento con apoyo

Definición: Moverse con disminución del propio peso, es decir, bajo una reducida influencia de la fuerza de la gravedad.

Formas de apoyo

La ayuda puede ser

- manual,
- mediante aparatos (mecánico),
- mediante la fuerza de empuje del agua.

El movimiento con ayuda es posible tanto en la forma de un movimiento complejo como en la de uno aislado. En algunas articulaciones se tiene que hacer una fijación para poder llevar a cabo un movimiento aislado, es decir, se pretende evitar un movimiento indeseado de acompañamiento de otras articulaciones. Esta fijación se coloca cerca de la articulación que se quiera mover.

Apoyo manual

El fisioterapeuta coge con sus manos la extremidad o la parte de la extremidad que tiene que moverse y sigue el movimiento con este apoyo.

Apoyo con aparatos

Mesa de suspensión: Gracias a diferentes suspensiones y fijaciones se puede realizar el movimiento con casi una total anulación del propio peso corporal. El punto de suspensión está en la perpendicular por encima de la articulación que se tiene que mover en dirección al eje de movimiento. El movimiento oscila alrededor del eje. Eso significa una gran posibilidad de movimiento con un esfuerzo mínimo.

Polea: Se apoya el movimiento con una polea, con lo que se puede reducir en parte o totalmente el peso propio. La polea está fijada y cuelga en vertical por encima de la articulación que hay que mover. El aparejo tiene a un lado un lazo (distal a la articulación que hay que mover) y un asidero al otro lado (la mayoría de las veces proximal a la articulación que hay que mover); el movimiento se realiza al tirar del asidero el lazo hacia el aparejo.

Técnicas del movimiento con apoyo

Movimiento aislado con ayuda

El movimiento con apoyo de un eje articulatorio se representa de forma ejemplar en las articulaciones de las rodillas, los codos, las caderas y los hombros. Los ejemplos y figuras elegidos se tienen que entender como ilustración inicial del tratamiento, el cual se puede aplicar a todas las demás articulaciones y posiciones.

Articulación de la rodilla

La articulación de la rodilla es una articulación de dos ejes, alrededor de

cuyo eje transversal se lleva a cabo el movimiento de flexión y extensión, y en cuyo eje longitudinal desarrolla la pierna el movimiento de rotación externa e interna. El último movimiento es sólo posible en la posición de flexión de la articulación de la rodilla. Los movimientos principales de la articulación de la rodilla son la flexión y la extensión, cuya amplitud del movimiento normal es 135 / 0 / 0 grados. Se mide según el método neutral–cero.

En los siguientes ejemplos sólo se describe la dirección del movimiento en extensión. El músculo que lleva a cabo este movimiento es el músculo cuádriceps femoral.

Apoyo manual (Figura **2.16**)

- **Posición del paciente:** Sentado en el banco; la pierna colgando, la articulación de la rodilla flexionada 90 grados.
- **Fijación:** Si fuera necesaria, por encima de la rótula, en el muslo.
- **Apoyo:** En el talón.

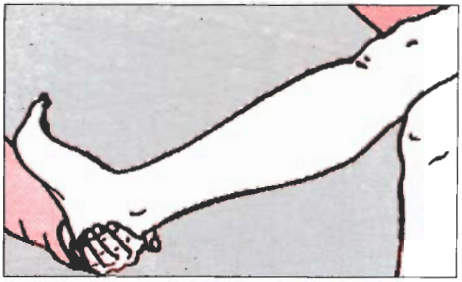


Figura 2.16

Apoyo en la mesa de suspensión (Figura **2.17**)

- **Posición del paciente:** Lateral: cadera estirada, articulación de la rodilla doblada; cabestrillo en el muslo y en el pie; el punto de giro está perpendicularmente por encima de la articulación de la rodilla.
- **Posición del fisioterapeuta:** Por detrás del paciente.
- **Fijación:** Mano y antebrazo en el muslo (por el lado estirado) del paciente, para evitar un acompañamiento del movimiento de la articulación de la cadera.

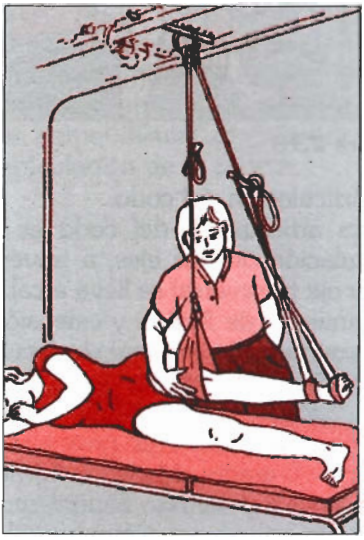


Figura 2.17

Apoyo en la polea (Figura **2.18**)

- **Posición del paciente:** Sentado en la cama, articulación de rodilla flexionada 90 grados. El cabestrillo en la pierna (o en el pie), la polea en perpendicular por encima de la rodilla, asidero en la mano del paciente o en la del fisioterapeuta.
- **Fijación:** Si es necesaria, por encima de la rótula en el muslo.

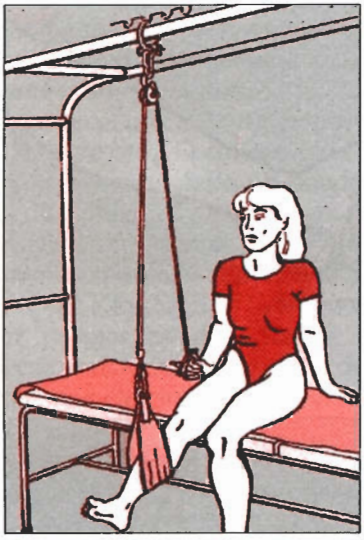


Figura 2.18

Articulación del codo

La articulación del codo es una articulación de dos ejes, a través de cuyo eje transversal se lleva a cabo el movimiento de flexión y extensión, y por cuyo eje longitudinal se ejecuta el movimiento de pronación y supinación. La amplitud del movimiento de flexión y extensión es normalmente 140 / 0 / 0 grados. Medición llevada a cabo según el método neutral-cero.

En los siguientes ejemplos sólo se describe la dirección del movimiento en la flexión. Los músculos que ejecutan este movimiento son el biceps braquial, el m. braquial y el m. braquiorradial.

Apoyo manual (Figura **2.19**)

- **Postura del paciente:** Decúbito supino, el codo estirado.
- **Sujeción:** En el antebrazo.

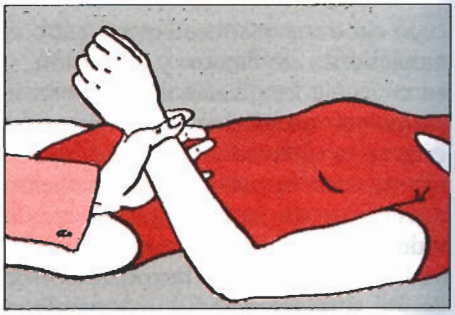


Figura 2.19

Apoyo en la mesa de suspensión (Figura **2.20**)

- **Posición del paciente:** Sedestación en el taburete; la articulación del hombro extendida en 90 grados, articulación del codo estirada. Un cabestrillo en la articulación de la muñeca, el otro en el brazo, colgado en perpendicular con respecto a la articulación del codo.

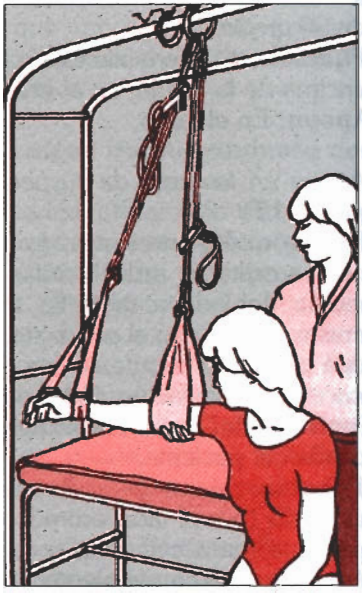


Figura 2.20

- **Fijación:** En el brazo con el fin de evitar un movimiento acompañado de la articulación del hombro.

Articulación de la cadera

La articulación de la cadera es una articulación de tres ejes: por el eje transversal se desarrolla el movimiento de flexión y de extensión, por el eje sagital tiene lugar el movimiento de abducción y de aducción, y por el eje longitudinal se ejecuta el movimiento de rotación externa e interna.

En los ejemplos que siguen a continuación sólo se describe la dirección del movimiento en la abducción. La amplitud del movimiento en abducción-aducción es normalmente 45 / 0 / 25 grados. Medición realizada según el método neutral-cero.

Los músculos principales que desarrollan este movimiento de abducción son el m. glúteo medio y el m. glúteo menor.

Apoyo manual (Figura **2.21**)

- **Posición del paciente:** Decúbito lateral; en la pierna que está en posición inferior flexionar la articulación de la rodilla y de la cadera, en la pierna superior estirar la articulación de la rodilla y de la cadera.
- **Posición del fisioterapeuta:** Detrás del paciente.
- **Apoyo:** Una mano en los aductores de cadera y la otra en el tobillo medial (maléolo).

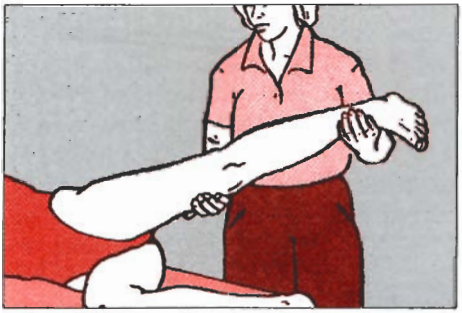


Figura 2.21

Apoyo en la mesa de suspensión (Figura **2.22**)

- **Posición del paciente:** Decúbito supino; articulación de la cadera algo flexionada, articulación de la rodilla estirada. Un cabestrillo por encima de la rodilla, otro cabestrillo en el pie. El punto de suspensión del cabestrillo está en perpendicular con respecto a la articulación de la cadera.

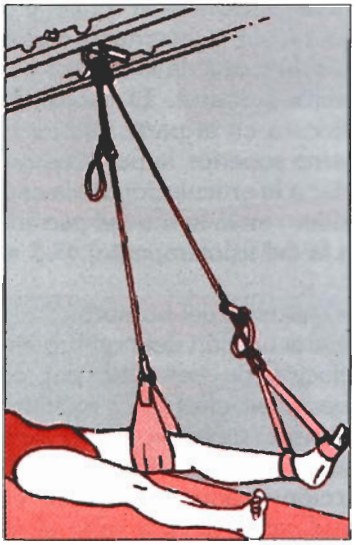


Figura 2.22

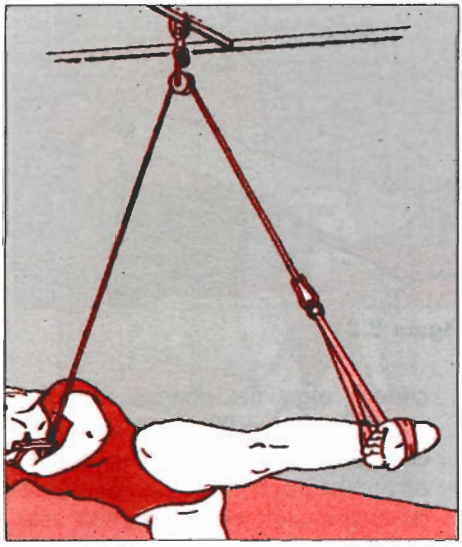


Figura 2.23

Apoyo en la polea (tren de rodamiento) (Figura **2.23**)

- **Posición del paciente**: Lateral; en la pierna inferior flexionar la articulación de la rodilla y de la cadera; en la pierna superior las articulaciones de la cadera y de la rodilla estiradas. El cabestrillo se colocará en la parte inferior de la pierna superior, la polea perpendicular a la articulación de la cadera. Asidero en la mano del paciente (o en la del fisioterapeuta).

Articulación del hombro

La articulación del hombro es una articulación de tres ejes: por el eje transversal se ejecuta el movimiento de extensión y flexión, por el eje sagital se ejecuta el movimiento de abducción y aducción, y por el eje longitudinal se lleva a cabo el movimiento de rotación externa e interna.

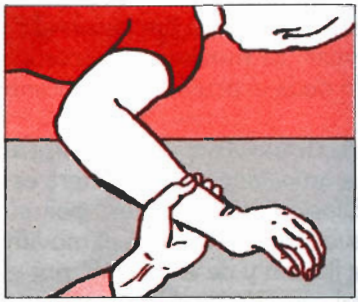


Figura 2.24

En los siguientes ejemplos sólo se describirá el movimiento direccional de la rotación externa. La amplitud del movimiento de la rotación externa / interna es normalmente 90 / 0 / 60 grados. Medición realizada según el método neutral-cero.

Los principales músculos que ejecutan este movimiento de rotación exterior son el m. deltoides (porción espina), el m. infraespinoso, y el m. redondo menor.

Apoyo manual (Figura **2.24**)

- **Posición del paciente:** Decúbito prono; abduciendo la articulación del hombro 90 grados, la parte superior del brazo está apoyada en el banco, el antebrazo cuelga, el codo flexionado 90 grados.
  Apoyo: En el antebrazo.

Apoyo en la mesa de suspensión (Figura **2.25**)

- **Posición del paciente:** Lateral: Articulación del hombro abducida 90 grados, articulación del codo flexionada 90 grados. El cabestrillo se sitúa en el antebrazo, de forma que quede colgado perpendicular con respecto a las articulaciónes del hombro y del codo.

Movimientos complejos con apoyo

Movimiento producido simultáneamente en dos ejes articulares de una misma articulación (Figura **2.26**): articulación del codo: flexión, pronación.

- **Posición del paciente:** Decúbito supino; codo estirado y supinado.
- **Apoyo:** "Agarrando o estrechando la mano".

Movimiento de cada eje articular en dos articulaciones (Figura **2.27**):

Articulación de la rodilla: flexión.

Articulación de la cadera: flexión.

- **Posición del paciente:** Decúbito supino; articulación de la cadera y de la rodilla estiradas.
- **Posición del fisioterapeuta:** Al lado del paciente.
- **Apoyo:** Una mano en el talón, la otra mano en la parte inferior del muslo.

Mientras el aparato lo permita, el movimiento complejo con apoyo sólo es posible cuando se muevan varias articulaciones en el mismo eje, es decir, la dirección del movimiento en todas las articulaciones sea la misma.

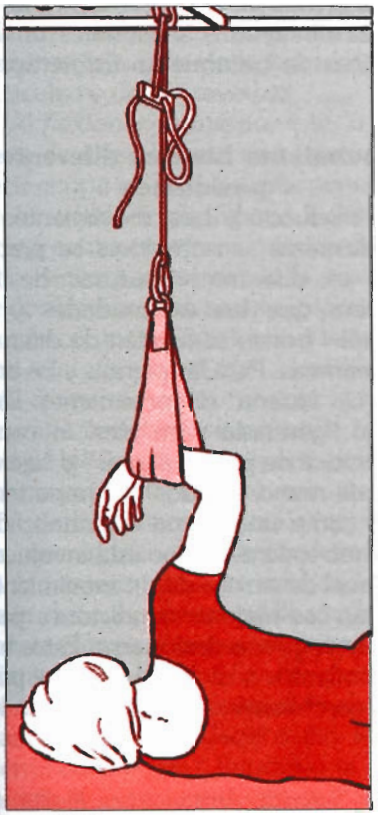


Figura 2.25

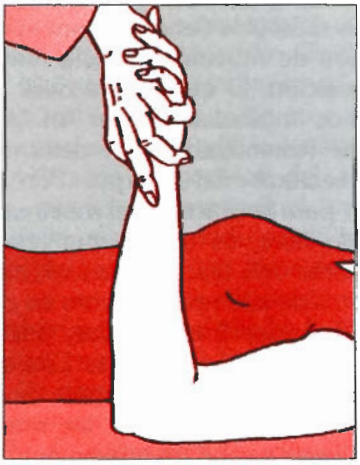


Figura 2.26

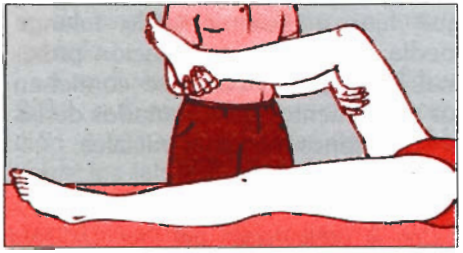


Figura 2.27

Movimiento libre[2]

Definición: Un movimiento libre es aquel que se ejecuta con ausencia de todo tipo de apoyo y de otras resistencias, es decir, es un movimiento que se ejecuta dentro del campo de acción de la gravedad de la tierra y por ello con la fuerza de gravedad y contra la resistencia de la fuerza gravedad.

El movimiento libre es en especial un *movimiento complejo libre*, los movimientos básicos (flexión y extensión, rotación externa e interna, aducción y abducción, pronación y supinación o inversión y eversión) se pueden combinar en una gran cantidad de movimientos. Al mismo tiempo los músculos tienen, además de su función de movimiento, una función de posición, lo que quiere decir que algunos músculos juegan un papel fijador (estabilizador) en determinados sectores del cuerpo. Por esta razón para la práctica del *movimiento aislado libre*, se tienen que retener, mediante una fijación manual, movimientos de acompañamiento en otras articulaciones donde no hay posibilidades de fijación muscular. Éste es el caso de las articulaciones de los dedos de los pies y de las manos. Para llevar a cabo un movimiento aislado libre de las articulaciones de los dedos del pie y de la mano, se tiene que fijar manualmente la falange media, es decir la articulación proximal final. Es así como se contienen los movimientos acompañados de las articulaciones medias e iniciales.

Puesto que el movimiento libre es esencialmente un movimiento complejo, se renuncia en la representación de diferentes formas del movimiento libre a la denominación suplementaria de "complejo".

Hoy en día se designa también en el deporte, en la gimnasia y en los ejercicios terapéuticos, debido a la estrecha relación de los procesos sensoriales (observación sensitiva) y los procesos motores (movimientos), como *destrezas sensomotrices*. Esto se toma en cuenta en el aprendizaje de nuevos movimientos –también en el desarrollo sensomotor del niño– a través de ayudas sensoriales en las técnicas de tratamiento fisioterapéutico.

Movimiento libre en diferentes posiciones

Introducción: Los movimientos o las destrezas sensomotores se practican en diferentes posturas de tal manera que las extremidades y la cabeza / tronco se fuercen de diferentes maneras. Para las piernas y los brazos se enseña el movimiento libre como "gimnasia para pies" o como "ejercicios de pies y piernas" y "ejercicios de mano y dedos" en parte también como una forma estandarizada. Cuando todo el cuerpo está involucrado en el desarrollo de un movimiento, se dan las mejores condiciones para estirarse, girar o flexionarse. Estos tres movimientos básicos también se pueden combinar en los ejercicios de los

[2] *Con la colaboración del Prof. Dr. Méd. H. M. Schmidt, Anatomisches Institut der Universität (Instituto Anatómico de la Universidad), Bonn.*

movimientos terapéuticos. Los movimientos de abducción y aducción de las extremidades se clasifican variablemente dentro de estos movimientos y aumentan la variedad de las combinaciones. Los alumnos de fisioterapia aprenden en las asignaturas "Aprendizaje de los movimientos" o "Enseñanza del movimiento" un repertorio de ejercicios que son enseñados de forma muy variada por el profesorado de las escuelas de fisioterapia para la educación del movimiento.

Movimiento libre sin aparatos

En algunos ejercicios de movimientos sobre la colchoneta se comenta la acción de la fuerza de los músculos y de la gravedad.

Al *flexionar* el cuerpo, éste, o una parte de él, se hace más pequeño, es decir ocupa un espacio más pequeño. En la secuencia de figuras **2.28 a-d** se representa un ejercicio típico de flexión: "incorporarse desde la posición de decúbito supino hasta sentarse con el tronco inclinado hacia delante". Con un comienzo de movimiento, esto es, con una flexión ventral de la columna vertebral, se tensan la totalidad de los flexores de la parte anterior del cuerpo, inicialmente con inervación de los músculos tibiales anteriores, que se incluyen anatómicamente en los extensores. Las articulaciones de la cadera y de la rodilla se flexionan al mismo tiempo (secuencia **b**), mientras que la pelvis se fija momentáneamente en una postura media, de manera que los músculos del abdomen consiguen fugazmente un "punto fijo" en la pelvis y su "punto móvil" en las costillas inferiores. La flexión de la cadera y de los músculos del abdomen inclina ahora el tronco en un movimiento de la columna hacia el vientre (secuencia **c**). Cuando el tronco, en el transcurso avanzado de la flexión, se encuentra perpendicular sobre la pelvis, la fuerza de la gravedad toma el relevo en el resto de la flexión, sobre todo si al final del proceso las piernas están estiradas activamente (secuencia **d**).

En el *giro* (rotación) el cuerpo o una parte del cuerpo se mueve en el sentido de su eje longitudinal. En la secuencia de movimientos de la figura **2.29 a-d** se muestra un "giro de decúbito supino a decúbito prono", el cual por ejemplo se introduce con la pierna derecha flexionada. Gracias a ello las vértebras lumbares se fijan (estabilizan) en una posición media. El cuerpo se gira –por la tensión de los músculos diagonales del abdomen– por su eje longitudinal (columna) hasta que –ayudado por la fuerza de la gravedad en la última fase del giro– se coloca en posición de decúbito prono. Al mismo tiempo la pierna se estira en parte por la fuerza muscular y en parte por deslizamiento (efecto gravitatorio) en la colchoneta.

En el *estiramiento* (extensión) el cuerpo o una parte del cuerpo se hace más grande y al final del proceso de estiramiento abarca un mayor espacio.

Las diversas secuencias de la figura **2.30 a-d** muestran una "incorporación desde una posición de sentado sobre los talones", donde se utiliza el conjunto de los músculos extensores de las piernas y del tronco. Con los mm. glúteos mayores y los mm. cuá-

driceps femorales el cuerpo se estira en las articulaciones de la cadera desde la posición de sentado sobre los talones hasta la de rodillas; para ello, los músculos del abdomen evitan, mediante una contracción estática muscular, la caída hacia atrás del tronco del cuerpo (secuencia **b**). De la postura media en la posición de rodillas se estiran ambas rodillas. La pierna de atrás (secuencia **c**) lleva a cabo el proceso de su estiramiento por la tensión de los flexores de los dedos del pie junto con el m. tríceps sural mediante flexión de la planta del pie y junto con los extensores de la articulación de la rodilla y de la cadera (m. glúteo mayor, m. cúadriceps femoral). Al mismo tiempo originan un movimiento del cuerpo hacia delante. La pierna delantera es cargada hacia delante por el cambio de situación del peso del tronco (secuencia **c**) y eleva éste por el estiramiento de la articulación de la rodilla y de la cadera gracias a la tensión de los extensores (secuencia **d**). Los mm. glúteos medios y menores tienen una función estabilizadora frontal en la pelvis. La musculatura autóctona de la espalda (m. erector de la columna) contiene al tronco con una contracción muscular estática contra la acción de la gravedad, esto es, evita una caída hacia delante y hacia abajo.

La "**elevación de las piernas estiradas en posición de decúbito supino" pertenece a los ejercicios de movimiento que se deben evitar en caso de debilidad del aparato locomotor.** En este desarrollo del movimiento se muestra que en la mecánica del movimiento del cuerpo humano los llamados brazos de carga con un comienzo en el movimiento son más largos que los llamados brazos de fuerza. En la figura **2.31 a-d** está representado cómo un hombre joven y robusto levanta ambas piernas estiradas, desde la posición de decúbito supino. En el comienzo del movimiento, es decir mediante la tensión del m. psoasiliaco, se flexionan las articulaciones de la cadera (secuencia **b**); le sigue un pequeño movimiento de inclinación de la pelvis hacia el abdomen, es decir, hay una reducción del ángulo entre la pelvis y el muslo (anteversión). Esta flexión de la articulación de la cadera causa una hiperlordosis de las vértebras lumbares, que se corresponde con una pequeña reducción de la lordosis del cuello (apenas reconocible en la figura). El *acompañamiento en el movimiento de la pelvis* al elevar ambas piernas estiradas se origina porque el brazo de palanca de carga (la distancia del punto de la gravedad de la pierna en el tercio inferior del muslo con respecto al punto de giro = eje frontal de la articulación de la cadera) es en este momento grande. El brazo de palanca de fuerza (es decir, el del punto de giro en dirección de la fuerza –dirección en el curso de la flexión muscular de la cadera– perpendicular) es, a consecuencia del ángulo de flexión de la cadera, aún pequeño. El largo brazo de carga origina, junto con la carga (el propio peso de la pierna), un fuerte momento de giro y hace que la pelvis se convierta transitoriamente en un punto móvil. La pelvis se inclinará otra vez en posición dorsal ("retroversión" según el lenguaje utilizado en la

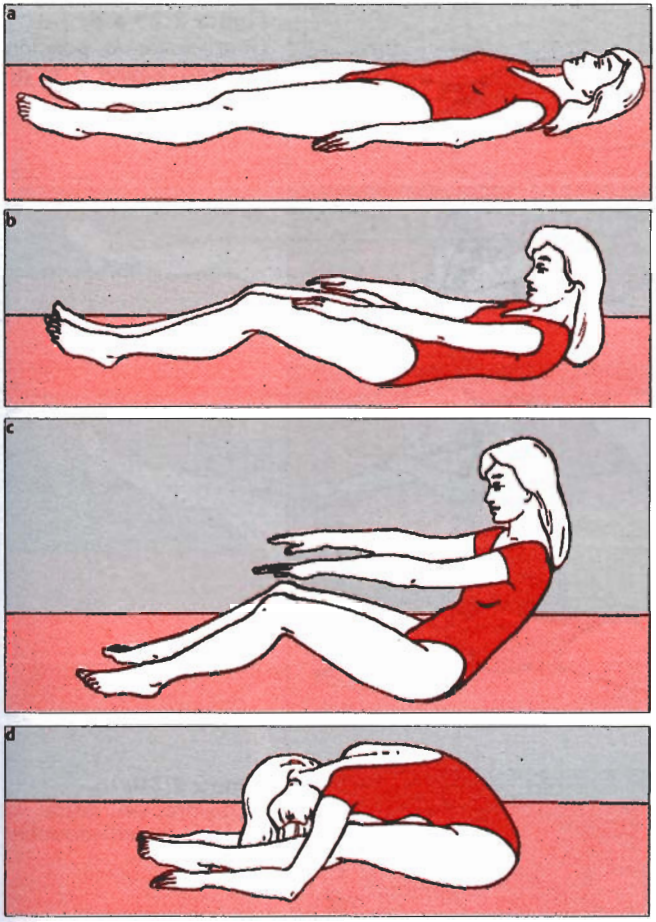


Figura 2.28 a-d: *Incorporarse a la posición de sentado desde la posición de decúbito supino. El comienzo de la flexión puede realizarse de manera muy variable "desde la cabeza con las subsiguientes flexiones de las vértebras lumbares, articulaciones de la cadera y de la rodilla"; esto sólo hasta las secuencias* **b** *ó* **c**. *El ejercicio enseña a observar la tolerancia de un movimiento después de haber conseguido un comienzo del movimiento. Las secuencias* **c** *y* **d** *no se deben poner en práctica en las personas que presenten problemas en las vértebras lumbares.*

fisioterapia) sólo cuando se reduzca en sucesivas flexiones en la articulación de la cadera (secuencia **c**) el brazo de carga. Los mm. psoasiliacos se tienen que tensar fuertemente al empezar el movimiento. Si los brazos de palanca de fuerza a menor flexión de las articulaciones de la cadera se vuelven más grandes y los de carga más pequeños, puede terminarse el proceso de flexión con una menor tensión de los flexores de la cadera. Además el muslo se convierte en el punto fijo, porque la pelvis se inclina hacia atrás por la gravedad, al final del movimiento las vértebras lumbares (con dependencia de la capacidad de extensión de los músculos de la cadera y de la parte posterior de las piernas) se mueven en dirección cifótica. *La inclinación de la pelvis es, por causa de las condiciones de palanca, un movimiento de acompañamiento*, el cual afecta también a personas con

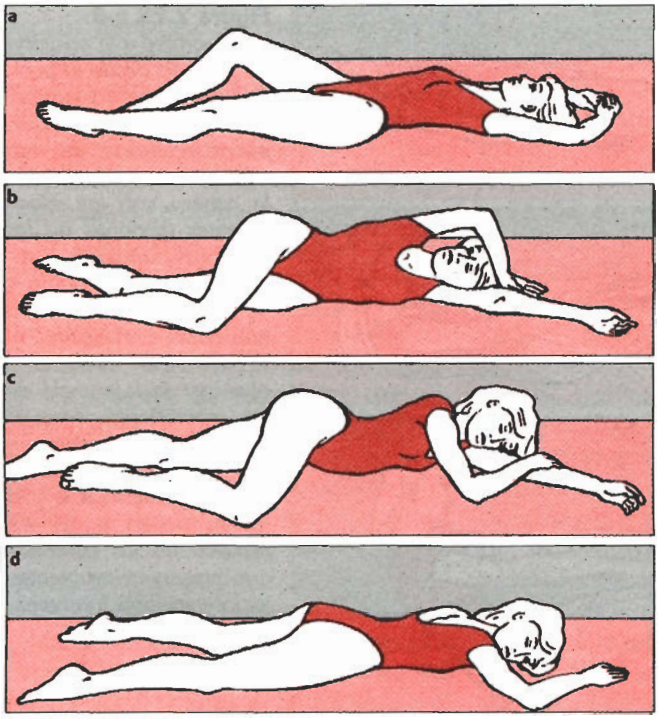


Figura 2.29 a-d:
Girar desde la posición decúbito supino a la de decúbito prono.

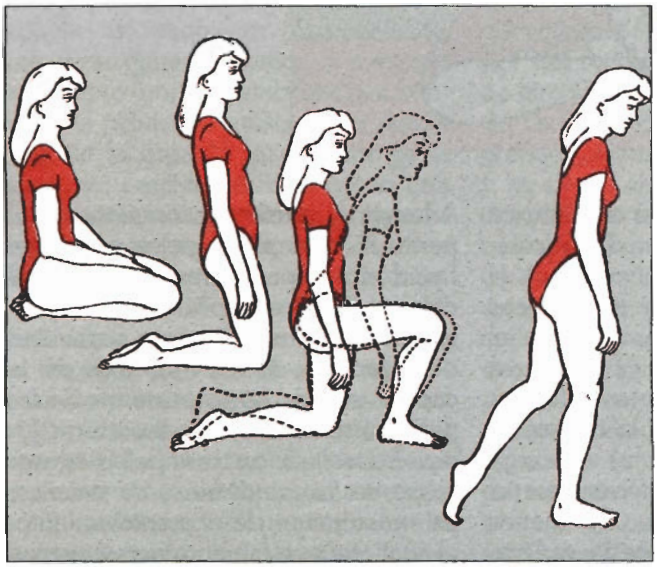


Figura 2.30:
Incorporación desde la posición de sentado sobre los talones.

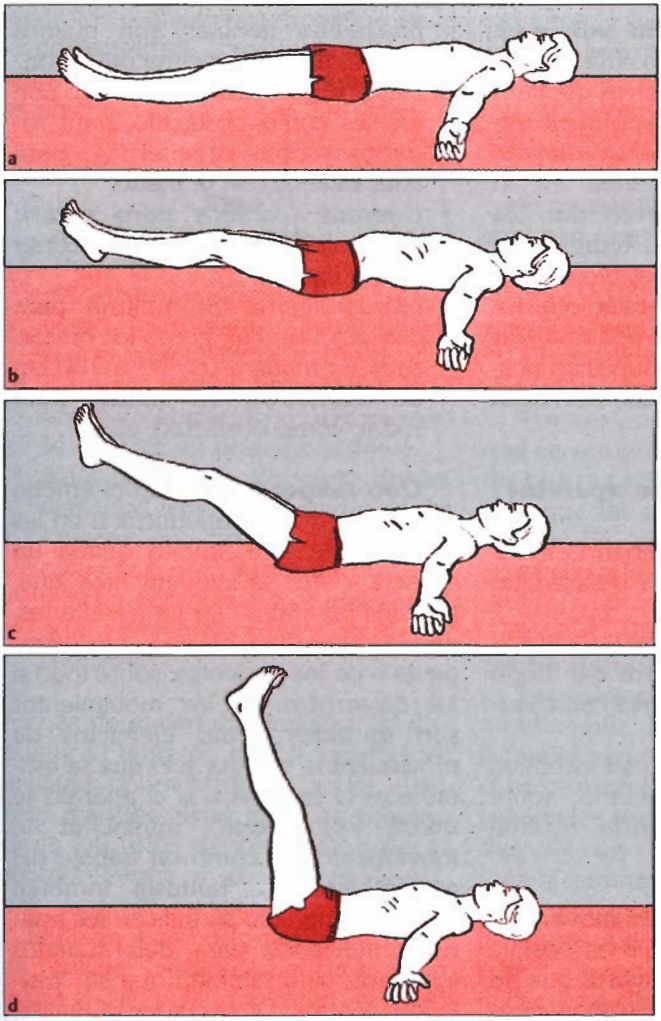


Figura 2.31 a-d: *Levantamiento de las piernas estiradas en la posición de decúbito supino. En esta posición el esfuerzo de las vértebras lumbares es grande.*

una gran fuerza muscular. Si la musculatura abdominal es débil se origina un fuerte movimiento de inclinación hacia el vientre con un aumento de hiperlordosis y de la presión en las vértebras lumbares. Esto lleva, en caso de una estructura débil de la columna (sínfisis), a reacciones dolorosas y a un esfuerzo mal realizado. Por eso hay que evitar este **movimiento en el tratamiento fisioterapéutico en los pacientes y analizarlo cuidadosamente en el aprendizaje en clase**. A los alumnos hay que indicarles que sólo hay que practicar este ejercicio, conocido en el deporte como "entrenamiento abdominal", cuando la musculatura

abdominal **estabiliza la pelvis** en posición de inclinación frontal, es decir, en dirección a la pelvis, mediante **contracciones musculares estáticas.** Estas contracciones estáticas tienen que ser conocidas en el comienzo del movimiento por los practicantes. Por eso se representan en la fisioterapia todos los desarrollos de los movimientos que están relacionados con los músculos abdominales con movimientos de flexión o en postura flexionada de la articulación de la cadera.

Movimiento libre con aparatos móviles

Dos aspectos determinan la introducción de los aparatos de ejercitación:

1. El aparato como propuesta (oferta), esto es, se utilizará del modo que sea posible teniendo en cuenta sus características.
2. El aparato (objeto) como incentivo para la fantasía humana, sobre todo para la fantasía infantil (Schmolke 1976).

Con respecto a 1. El movimiento libre con aparatos sólo es posible con aparatos manuales ligeros que no ofrezcan una resistencia suplementaria. Para ello se recomienda sobre todo:

- *Balones:* Balones de espuma de diferente tamaño, los llamados balones de gimnasio (diámetro de 15 a 20 cm, de goma), balones grandes hinchables (diámetro de 50 a 80 cm). Son idóneos para agarrar, lanzar, atrapar, dar, tomar, botar, rodar; los balones grandes hinchables también son buenos para la práctica encima del balón.
- *Palos de gimnasia de madera:* Son ideales como obstáculo, para rodarlos (sobre el cuerpo), para balancearlos con la mano.
- *Cuerdas (combas para saltar):* Para saltar u oscilar o para correr con la cuerda.
- *Mazas ligeras:* Se utilizan para oscilaciones o giros con los brazos.
- *Aros de madera* (de 80 a 100 cm de diámetro): Se utilizan para rodar, como obstáculo, etc.

Con respecto a 2. En el ámbito de los objetivos terapéuticos o en las fronteras de este ámbito queda un espacio claro de movimientos que, con los aparatos arriba reseñados, puede colmar la fantasía del fisioterapeuta o de los pacientes; sobre todo si los desarrollos de los movimientos son tomados como ejercicios de movimientos, se verá si lo que se estimula es la fantasía o si el aparato se utiliza sólo como invitación al movimiento, no como un trabajo del movimiento. La fantasía también exige que no sólo se utilicen los aparatos indicados para determinados ejercicios, sino también que se "trasladen" a otros. De los palos se puede, por ejemplo, hacer que sean espadas para luchar o que se conviertan en mástiles de una embarcación. De una fila de sillas se puede obtener un túnel por el que haya que pasar reptando.

En el curso de los movimientos fisioterapéuticos que tienen menos en cuenta los objetivos corporales y funcionales y que persiguen efectos psíquicos, este tipo de "traslación" de los

aparatos u objetos es expresión de la espontaneidad, creatividad, actividad, así como toma de contacto con el objeto.

Movimiento libre sobre aparatos fijos

Se utilizan entre otros:

- *Trapecios, travesaños redondos, escaleras, espalderas:* Son ideales como instrumentos para balancearse, suspenderse etc.
- *Taburetes y sillas*: Son ideales para servir de obstáculo o para moverse estando en posición sedente.
- *Colchonetas de gimnasia:* En los ejercicios con colchonetas debe tenerse en cuenta lo que se comenta a continuación y que está relacionado con el material con el que estén fabricadas dichas colchonetas.

Las de *material blando* hacen disminuir la reacción que se produce al efectuar un movimiento sobre ellas. Esta reacción tiene lugar en función de la ley física denominada *actio = reactio* (fuerza = contrafuerza). Así, por ejemplo, ocurre un retroceso cuando se está en la posición media de rodillas (véase secuencia **c** de la figura **2.30**) y se registra en el suelo (base) la presión del pie posterior con el que la persona se ayuda para estirarse y ponerse de pie. La intensidad de la tensión de los músculos flexores de la pierna es el resultado de dos fuerzas contrapuestas, por un lado la que se origina por la gravedad, es decir, la fuerza que desempeña el peso del cuerpo en dirección al suelo, y por otro la reacción ejercida por la propia colchoneta: si el material es blando, la contrafuerza se genera más lentamente, lo que en un principio produce una sensación de inseguridad.

Con respecto al *material duro* es muy frecuente que no se pueda utilizar con pacientes que tengan las extremidades sensibles o estén demasiado delgados. En este caso son de mayor ayuda colchonetas blandas.

El material frío y liso disminuye la capacidad de movimiento.

Por eso es aconsejable un material que no sea ni demasiado duro ni blando, que sea elástico y tenga una superficie que dé calor y sea algo rugosa (con el fin, en este último caso, de aprovechar la resistencia a la fricción).

Movimiento libre ejercitado de forma duradera (o de resistencia)

Introducción: Entendemos por movimiento libre en el modo de forma duradera, o de larga duración o de resistencia, el movimiento que ejercita los mismos grupos musculares durante un largo tiempo, por lo menos durante más de cinco minutos. El movimiento libre es la mayoría de las veces un movimiento complejo con contracciones musculares dinámicas. Los ejercicios de movimientos de más de dos minutos de duración deberían permanecer en el ámbito de los ejercicios de resistencia o en el umbral aeróbio-anaeróbio. El movimiento libre se practica de la siguiente manera:

- En un modo de resistencia intermitente.
- En un modo de resistencia continuado.

Movimiento libre en el modo de resistencia intermitente

Una peculiaridad de la forma de resistencia intermitente es el intercambio de las fases de esfuerzo y las de recuperación. Las fases de recuperación son lo que denominamos "pausas" y pueden ser activas o pasivas. Por pausa activa se entiende, además del movimiento de otros grupos de músculos –que no han realizado un esfuerzo en la fase anterior– o la reducción temporal en el correr o el andar, la posición erecta. Estar en pie exige un 10% más de oxígeno que estar tumbado (Hollmann y Hettinger 1980). Por pausas pasivas se entiende el descanso tumbado o el estar sentado en posición reclinada.

La dosificación de los estímulos del movimiento (cantidad de estímulos) depende de la cantidad de grupos musculares que estén trabajando, de la fuerza, el ritmo (velocidad, tempo) y la duración de la resistencia al cambiar del esfuerzo a la pausa. El esfuerzo se llevará a cabo con series de pequeños a medianos movimientos y poniendo en acción grandes grupos musculares de las extremidades y el tronco, andando con diferentes ritmos, subiendo escaleras, corriendo o trotando. (El significado de serie de movimiento o "serie" se origina en el deporte y quiere decir la repetición de movimientos de los mismos grupos musculares y tiene el mismo significado que repeticiones de los movimientos.) La duración de la pausa depende de la intensidad del esfuerzo (fuerza y duración del estímulo) y de la capacidad del paciente. En el entrenamiento deportivo diferenciamos dos tipos de pausa que se han probado en la práctica fisioterapéutica y que son iguales en el entrenamiento deportivo. Las pausas se incluyen en las series de movimientos, andando, al subir escaleras y en la carrera.

- La *pausa de recuperación completa* es una *pausa "larga"*, que se realiza entre los movimientos (series, andar, correr) para una recuperación completa y dura aproximadamente de 3 a 5 minutos (incluso más). Esta pausa posibilita –en caso de una gran disminución de la capacidad de resistencia– más series de movimientos o fases para caminar y con ello una mayor resistencia del organismo en cuanto a la resistencia local de los músculos o a la resistencia en general siguiendo el lema: "cuanto mayor sea el esfuerzo y menores sean las capacidades del paciente, mayor tiene que ser la pausa" (Ehrenberg 1967).
- La pausa de recuperación incompleta es una pausa "corta", que no conduce a una recuperación completa y que puede durar 10 – 120 – 180 segundos. Se la designa como una pausa "compensatoria" (Lehmann 1962), porque en el primer tercio de la pausa estriba el mayor porcentaje de la recuperación (aliviar la deuda de oxígeno contraída) y la eliminación de la mayor parte del ácido láctico y otros, y el organismo aún se encuentra en posición de trabajo (p.ej., los capilares de los músculos están todavía en tensión). De este modo es posible un ejercicio de resistencia con un "déficit de áci-

dos" (Hollmann 1959), esto es, un movimiento que prorroga el límite de fatiga. Las pausas "compensatorias" son características del *entrenamiento con intervalos* (pág. 130 y ss.). Hoy se utilizan conceptos como intervalo de esfuerzo o intervalo de pausa. Al moverse con este método de entrenamiento debe fijarse la intensidad del esfuerzo o la intensidad de estímulo aproximadamente en 2/3 (60-70 %) de la capacidad máxima y limitar la duración de la pausa de manera que no se llegue a una recuperación total.

La duración de la pausa y la postura en la pausa tienen un importante papel en la forma de resistencia intermitente en el movimiento libre.

La duración de la pausa: El enfermo necesita una pausa completa (larga) cuando la intensidad del estímulo es grande en la fase de esfuerzo para su capacidad limitada de esfuerzo y tolera una pausa de recuperación incompleta (corta) cuando la intensidad del esfuerzo es pequeña o su capacidad motriz o cardiovascular y pulmonar no está demasiado limitada. Para la organización de la duración de las pausas el fisioterapeuta utilizará criterios de observación de los resultados terapéuticos, por una parte, de los síntomas de la fatiga o signos de enfermedad durante la fase de esfuerzo y, por otro lado, el número de las posibles repeticiones libres de fatiga y de molestias de la fase de esfuerzo. Para una organización exacta de la intensidad del estímulo en la fase de esfuerzo y de la duración de la pausa o del intervalo en el entrenamiento interválico es especialmente recomendable hacerlas corresponder con la frecuencia cardíaca en el entrenamiento.

Posición en la pausa: Es importante que la pausa de recuperación completa sea una pausa "larga", de tres a cinco minutos (e incluso más). Las pausas pasivas, por ejemplo estando en decúbito o en sedestación, se utilizan con enfermos que padecen debilidad en sus capacidades técnicas para el aprendizaje, en el reconocimiento del cuerpo para el aprendizaje y para la relajación y la tensión.

La dosificación de los estímulos del movimiento, es decir, la cantidad de estímulos, la dividimos de la siguiente manera:

Intensidad del estímulo: Fuerza del esfuerzo.

Duración del estímulo: Tiempo del estímulo, en una serie de movimientos, en una distancia al andar o correr.

Duración de la pausa:

a) Pausa de recuperación incompleta, intervalo de 10 a 180 segundos (3 minutos).

b) Pausa de recuperación completa, pausa larga de tres a cinco minutos, incluso más.

Cantidad del estímulo:

Frecuencia de la serie de estímulos, es decir, si la intensidad del estímulo es grande con una pausa muy corta, si es media con una pausa más larga y, si es pequeña, con una pausa doble o triple.

Total del estímulo:

Tiempo del esfuerzo total incluyendo las pausas.

Modos del movimiento libre en la forma de resistencia intermitente

1. Series de movimientos de grupos musculares desde pequeños hasta medianos y grandes. Esta división se corresponde aproximadamente con la dada por Hollmann y Hettinger (1980), es decir, menos de 1/6-1/7 de la masa musculoesquelética para la resistencia local muscular y en mas de 1/6-1/7 de dicha masa para una resistencia en general:
   - Series de movimientos de las extremidades en posición sentada y tumbada.
   - Series de movimientos rápidos de las manos y los brazos o de los pies y las piernas.
   - Series de movimientos del tronco (sobre todo al estar sentado).
2. Andar a diferentes ritmos.
3. Subir escaleras a diferentes ritmos.
4. Correr y trotar en alternancia (carrera a intervalos).

Técnicas del movimiento libre en la forma de resistencia intermitente

Series de movimientos de grupos musculares desde pequeños hasta medianos y grandes de las extremidades y del tronco / cabeza en alternancia con pausas de recuperación incompleta (método interválico) o con pausas de recuperación completa. Una serie de movimientos comprende, de acuerdo con la capacidad de esfuerzo de la resistencia del paciente unas 5, 10 o 20 repeticiones de movimiento de los mismos grupos musculares. Las series con grupos musculares pequeños, medianos o grandes son los movimientos con ambas manos y pies, movimientos de un brazo o una pierna con los correspondientes músculos del tronco.

a) **Series de movimientos de las extremidades en la posición de sentado y tumbado con pausas (intervalos) de aproximadamente 10 a 30 segundos entre las series.** Se representan movimientos de manos y pies y movimientos de pies y piernas con un ritmo de uno a dos movimientos por segundo o en un ritmo elegido por el paciente en dirección diagonal o recta, alternando con los movimientos básicos (flexión-extensión-rotación interna-rotación externa, abducción-aducción).

Ejemplo: Movimientos de series con el brazo (Figura **2.32 a** y **b**).

Posición del paciente: Decúbito supino sobre la cama.

Intensidad del estímulo:

Flexionar 10 veces los dedos cerrando el puño y flexionar el brazo, extender 10 veces los dedos y extender el brazo hacia arriba al ritmo de un segundo por flexión y otro por extensión.

Duración del estímulo:

20 segundos.

Duración de la pausa:

10 segundos.

Cantidad del estímulo:

Grande, puesto el intervalo es corto (Figura **2.33**).

Total del estímulo:

Aproximadamente 80 segundos, puesto que se hacen tres series con dos pausas.

b) Series de movimientos con movimientos rápidos de manos / brazos o pies / piernas, en parte designada como "actividad de metabolismo". En el movimiento rápido, el enfermo empieza a estirar y flexionar despacio, por ejemplo los dedos de ambas manos cerrando el puño, o a flexionar y estirar lentamente los brazos y las piernas, y se va elevando el ritmo todo lo posible. De este modo cada 15 a 20 repeticiones de movimientos forman una serie de movimientos. Cada dos a tres series se hace una pausa de aproximadamente 20 a 30 segundos.

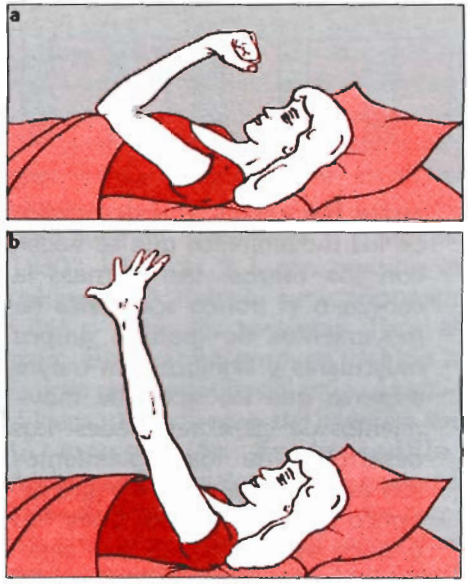


Figura 2.32 a y b: Series de movimientos con un brazo. Paciente en la cama en posición de decúbito supino.

El concepto de *"actividad de metabolismo" es falso*, porque expresarlo así sugiere que se tiene marcado como objetivo el afectar de una forma práctica al metabolismo. Esto no es sostenible desde el punto de vista de la medicina deportiva. Los movimientos rápidos sólo se pueden hacer en pequeñas series, puesto que se trata de un esfuerzo dinámico local anaeróbio, que está limitado por la resistencia dinámica, local y anaeróbia. Un esfuerzo de este tipo no puede conducir a un efecto metabólico, los antecedentes de adaptabilidad a corto plazo de las enzimas celulares están totalmente excluidos en este modo de movimiento. El efecto a corto plazo del movimiento rápido está –tal y como hoy lo formulamos– en una *adaptación reactiva del sistema nervioso vegetativo*. Desde el cerebro y de los propioceptores (quimiorreceptores) de los músculos se emite en el movimiento un estímulo hacia el sistema simpático, de tal manera que puede haber un aumento éste que se puede medir mediante una elevación de la frecuencia cardíaca y algo de aumento de la presión sistólica sanguínea. En este sentido puede aparecer un efecto en la circulación de la sangre de pacientes con disregulación ortostática o de enfermos graves o que tengan que guardar cama durante su convalecencia. También en el período postoperatorio se pueden realizar estos movimientos rápidos. Las disregulaciones ortostáticas leves se pueden prevenir en la fase de movilización.

c) Series de movimientos del tronco con pausas de aproximadamente 30 a 60 segundos

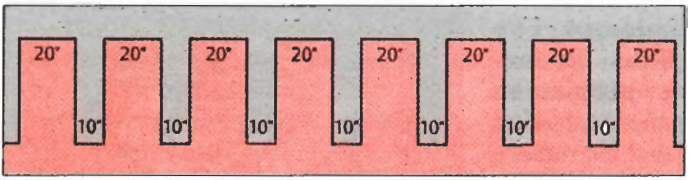


Figura 2.33: Esquemas de movimiento con un brazo en un principio de intervalo. Estímulo alto.

entre las series. Los desarrollos de los movimientos que se hacen con los brazos, las piernas, la cabeza o el tronco son series de movimientos de grandes grupos musculares y significan un mayor esfuerzo que las series de movimientos de las extremidades. Los desarrollos de los movimientos son estiramiento, flexión y giro del tronco que, al repetirlos entre tres y cinco veces, forman una serie. Se intercalan pausas de 30 a 60 segundos (e incluso más). Se llevarán a cabo principalmente sentado sobre taburetes, sillas, "balones medicinales"... Las posibilidades son muy variadas.

d) Series de movimientos de las piernas, en posición erguida, con pausas intercaladas de uno a tres minutos (e incluso más)**.** En el movimiento libre de las piernas, al permanecer de pie se utilizan grupos musculares entre medianos y grandes. Al mismo tiempo se desarrollan músculos con dos tipos de fuerza dinámica:

- dinámica concéntrica, cuando el peso del cuerpo supera la fuerza, cuando se levanta el cuerpo y trabaja contra la acción de la gravedad;
- dinámica excéntrica, cuando el peso del cuerpo cede a la fuerza, cuando el cuerpo se inclina y trabaja a favor de la acción de la gravedad.

Según el peso del cuerpo del paciente, la parte estática en las concentraciones musculares dinámicas es mayor o menor. Esto significa que el paciente obeso tiene que aportar más de un 30-40% de su posible fuerza máxima. El número de sus repeticiones de movimientos estará limitado por su capacidad de resistencia local dinámica anaeróbia.

En *el intervalo de esfuerzo* son posibles muchos desarrollos de movimientos. Diferenciamos entre: posición erecta de puntillas, hacer "rodar el balón elástico" y salto, gran flexión de la rodilla, pasos laterales en diferentes direcciones, traslación del peso o del centro de gravedad sobre la colchoneta, movimientos de balanceo con una pierna y otros.

Los intervalos que se utilizarán, de acuerdo con la experiencia contrastada, variarán de uno a tres minutos, es decir, dentro de la pausa de recuperación incompleta, de tal manera que según el principio del intervalo se vuelve a entrenar. En pocos casos, es decir, en pacientes con muy poca capacidad de esfuerzo, se tienen que hacer pausas más largas, pausas de recuperación verdaderas. Las pausas se efectuarán de pie, sentado o tumbado, o "andando relajadamente" dependiendo de los criterios terapéuticos.

Andar a un ritmo de 60 – 80 – 100 – 120 pasos por minuto e introducir pausas de uno a tres minutos (incluso más). Andar se considera un movimiento realizado con grandes grupos musculares, puesto que se utiliza más de 1/6 a 1/7 de la masa corporal. Se muestra, por lo tanto, como un esfuerzo en un nivel muy bajo dentro de una resistencia general aeróbia. Se puede andar desde en una habitación o un pasillo hasta en el campo sobre terreno llano. La fase de esfuerzo depende de la capacidad del paciente y varía de 1 a 10 minutos.

Ejemplo para un ejercicio de andar lento para un paciente con poca capacidad de esfuerzo:

Intensidad de estímulo:

Andar a un ritmo de 80 pasos/minuto (son aproximadamente 25 vatios en el cicloergómetro).

Duración del estímulo:

tres minutos para un recorrido (calculado de acuerdo con el diagnóstico fisioterapéutico en pacientes con insuficiencia cardíaca).

Duración de la pausa:

cuatro minutos (de acuerdo con el diag-nóstico fisioterapéutico, ver antes).

Cantidad del estímulo:

Mediana, puesto que la pausa es más larga, esto es, una pausa de recuperación completa.

Total del estímulo:

Aproximadamente 17 minutos, puesto que se hacen tres fases caminando tres minutos con dos pausas intercaladas.

Subir escaleras con diferentes ritmos y pausas variables: Se recomienda para un incremento de la tensión en las piernas. Los músculos de la pierna desarrollan una fuerza dinámica concéntrica al subir escaleras y una fuerza dinámica excéntrica al bajarlas. El subir las escaleras es "en la vida cotidiana el esfuerzo energético más grande. Bajar escaleras requiere 1/3 de la energía utilizada para subirlas" (Hollmann y Hettinger 1980). La tabla **2.1** nos muestra el volumen de trabajo necesario para subir o bajar las escaleras. Pero al bajar escaleras se produce, debido a la gran parte estática del músculo cúadriceps, un **esfuerzo de presión en la articulación de la rodilla**. Andar por las escaleras es un esfuerzo local dinámico anaeróbio de las piernas con un aumento de las reacciones del sistema cardiovascular. El número de los peldaños que se recorran depende de la capacidad de esfuerzo que tenga el paciente, y siempre se ha de tener en cuenta su peso corporal. En un paciente de 70 kg (estimado como peso medio de un adulto) el esfuerzo corresponde aproximadamente al esfuerzo físico de 75 vatios en el cicloergómetro. La subida de escaleras, para pacientes con poca capacidad de esfuerzo, se comenzará con 5-10 peldaños y a un ritmo de un peldaño por segundo (60 peldaños/minuto) y se irá llegando a un número mayor de peldaños o a un ritmo mayor. Las pausas de pie o sentado se introducen variablemente.

Correr y trotar en alternancia con pausas de 30 – 60 – 120 segundos, la llamada carrera a intervalos. La "carrera a intervalos en el sitio" (Hollmann 1965) sobre una colchoneta blanda (Figura **2.34**) o la carrera a intervalos en la sala de

Tabla 2.1: *Consumo en kilojulios (kilocalorías) (julios de trabajo o calorías = consumo energético en el trabajo*) al subir y bajar escaleras (altura de los peldaños 17,2 cm) con un peso corporal de 70 kg (con 10-30° C de temperatura ambiental y una humedad del aire del 60-80%) (de Spitzer y Hettinger).*

Actividad Subir escaleras Ritmo, peldaño/min	Consumo energético kJ/min	kcal/min	Actividad Subir escaleras Ritmo, peldaño/min	Consumo energético kJ/min	kcal/min
	min	min		min	min
60	34,7	8,3	60	12,6	3,0
80	42,7	10,2	80	12,1	2,9
100	57,3	13,7	100	13,8	3,3

* Consumo energético de trabajo, es decir, eliminando el consumo básico en reposo (consumo básico = 5 kJ/min, equivalentes a 1,2 kcal/min).

fisioterapia se puede llevar a cabo como programa reducido para el entrenamiento cardiovascular con pacientes con el corazón sano y, eventualmente, con pacientes con molestias cardiovasculares. Para los pacientes con el corazón en buenas condiciones, pero desentrenados, vale tanto la frecuencia cardíaca dada por el médico como la regla empírica de Baum-Hollmann de 180 menos la edad como frecuencia máxima. Para contener las primeras apariciones de síntomas de irritación en el aparato locomotor y evitar mareos a los pacientes afectados por una falta de regulación cardiovascular, en la transición desde un gran esfuerzo a un descanso, se recomienda empezar a correr con frecuencias cardíacas bajas. Después de unas dos a tres semanas se puede, mediante un aumento del ritmo de carrera, llegar a una frecuencia de cardíaca eficaz en los pacientes que han trabajado bien.

El trote se puede efectuar como algo intermedio entre andar y correr cuando la frecuencia cardíaca dada por el médico es inferior a, por ejemplo 110 lat./minuto.

Ejemplo de una carrera a intervalos para un joven desentrenado de 19 años.

Intensidad del estímulo:

Correr con una frecuencia cardíacade 150 lat./min.

Duración del estímulo:

Dos minutos.

Duración de la pausa:

Un minuto, con lo que la frecuencia cardíaca habrá descendido a 120 lat./min.

Cantidad del estímulo:

Alta, puesto que la pausa es la mitad de la duración del estímulo.

Total del estímulo:
Aproximadamente ocho minutos, puesto que se hacen tres carreras con dos pausas.

Movimiento libre en la forma de resistencia continuada

El distintivo de la forma de resistencia continuada es el movimiento con un esfuerzo dinámico estable, esto es, con contracciones musculares dinámicas en un espacio grande de tiempo, por lo menos de 5 a 10 minutos. Si el esfuerzo estable no ha sido elegido demasiado alto, el organismo se adapta después de pocos minutos a un estado regular de los diferentes parámetros fisiológicos. Después de esto se hace posible un esfuerzo de resistencia continuado por debajo o en el ámbito del límite de la resistencia individual.

Técnicas del movimiento libre en la forma de resistencia continuada

Gimnasia sentado en el taburete con una duración de 20 a 30 minutos, denominada gimnasia de resistencia: Los desarrollos de los movimientos de los brazos y las piernas con la inclusión del tronco se practican a un ritmo regular. Puesto que se tienen que practicar por debajo del límite de resistencia, tiene pocas contraindicaciones en la circulación y en la respiración y utilizan poca energía, que se libera de forma aeróbia.

Caminar con el mismo ritmo sobre una distancia llana con una duración de 5 – 10 – 20 – 30 minutos en pasillos y en el campo. La intensidad del esfuerzo,

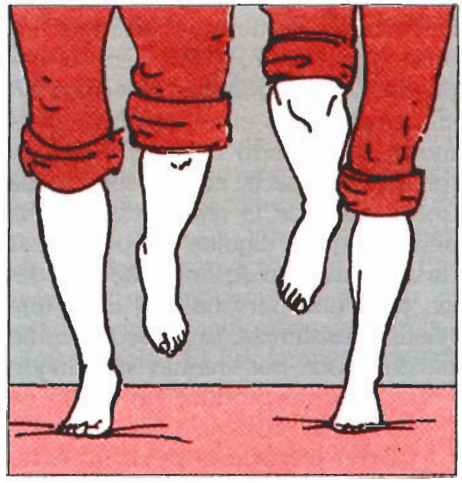


Figura 2.34: *Ejercicio de piernas a intervalos de "correr en el sitio" (sobre colchoneta blanda).*

es decir, el ritmo, se ordena según el diagnóstico fisioterapéutico de acuerdo con los criterios de observación para el sistema cardiovascular, dependiendo de la opinión subjetiva de rendimiento del enfermo y del modo de respiración. La distancia de los pasos que elige el enfermo por sí mismo es, por lo general, la más económica. Un alargamiento voluntario de la distancia de los pasos significa una coordinación a la que no se está acostumbrado y se acusa como productor de fatiga ya que el gasto de energía junto con la inervación de otros grupos musculares son mayores. Un paseo diario puede sobrepasar el 50% de la capacidad de resistencia máxima de enfermos que tienen muy poca capacidad de resistencia y que, por ejemplo, han estado tumbados en la cama durante meses; también puede ocurrir en enfermos de corazón con la aparición de insuficiencia

cardíaca o en enfermos con molestias broncopulmonares. Por eso andar puede causar en estos enfermos un efecto como de entrenamiento en el modo continuado de más de cinco minutos, es decir, con el sentido de una mejora de la resistencia general aeróbia. (para alguien sin problemas de corazón pero desentrenado, es decir, para una persona que tiene una relativa resistencia, un paseo al ritmo de 80 pasos por minuto sin ningún entrenamiento produce un efecto de mejora de la resistencia general).

Correr o trotar a un ritmo estable sobre una superficie llana con una duración de 5 - 10 - 20 minutos: Para conseguir un entrenamiento efectivo se tiene que entrenar más de 5 a 10 minutos con un 50% de la capacidad circulatoria máxima. La capacidad circulatoria se dará mediante un test de circulación ergométrico y se estipula el pulso como la frecuencia cardíaca en el entrenamiento para un paciente con resistencia. Un trote con una frecuencia cardíaca de 110 lat./min puede concebirse como un esfuerzo de resistencia continuado o como un entrenamiento con el método de resistencia. Introducimos al principio del trote una serie de fases de andar –según la fatiga del paciente–, hasta que en unas semanas sea posible una capacidad de resistencia continuada.

Resumen

Hemos observado que en pacientes que tienen la capacidad de resistencia limitada se tiene que empezar por formas de resistencia intermitentes y que en enfermos con suficientes reservas en el sistema cardiovascular y respiratorio es posible un movimiento en la forma de resistencia continuada de más de 10 minutos. Pero también hay enfermos que, con limitaciones tanto cardiovasculares como del sistema respiratorio o con graves deficiencias motrices, no están en la situación de realizar un ejercicio de resistencia largo y continuo. Éstos también necesitan, para la práctica del ejercicio, muchas pausas en su esfuerzo diario.

Movimiento contra una resistencia

Definición: Es el movimiento contra una resistencia que se entiende añadida al propio peso de la parte del cuerpo que se mueve y hacia la resistencia de la gravedad. La resistencia se opone siempre a la dirección del movimiento exigido (uso del lenguaje utilizado hasta ahora: ejercicios de resistencia, movimiento contra una resistencia de dirección y de guía). Las técnicas fisioterapéuticas del movimiento contra una resistencia equivalen a un entrenamiento de fuerza dinámico y concentrado. El principio de movimiento contra una resistencia se transmite sobre todas las articulaciones y en todas las direcciones del movimiento, tanto en movimientos aislados como complejos.

Formas de movimiento contra una resistencia

La resistencia se puede plantear:

- manualmente,
- mediante aparatos,
- por oposición del agua.

Movimiento contra una resistencia manual: La resistencia manual se opone a la dirección deseada del movimiento y dosificada de forma proporcional a la fuerza muscular del paciente.

Movimiento contra una resistencia de aparatos: Como tales aparatos se pueden considerar idóneos el balón medicinal, el fortalecedor, las halteras, la arcilla plástica, el balón de goma, el juego o tren de rodamientos con pesas, mesa de suspensión con tracción por juego de muelles, gomas elásticas, *pulling-former* y otros muchos. El movimiento encuentra la resistencia no a través del peso del aparato, sino por medio de elasticidad o por su conformación. La práctica de esfuerzos contra la resistencia de los aparatos es especialmente idónea para el autotratamiento del paciente. Una vez que ha sido instruido debidamente sobre el uso del aparato, puede decidir por sí mismo sobre la duración y la intensidad del esfuerzo. Estas formas de aprendizaje se incluyen por regla general sólo cuando se suprime el control de la realización de movimientos por parte del fisioterapeuta debido a que el paciente ha sido capaz de aprender a corregir activamente los movimientos desviados.

Técnicas del movimiento contra una resistencia

El movimiento aislado contra una resistencia, es decir el movimiento de un eje de articulación, viene representado de forma ejemplar en las articulaciones de los dedos, del codo, de la cadera y del hombro. Las figuras muestran sólo una parte del desarrollo del movimiento y sólo una elección entre las múltiples posibilidades del ejercicio.

En la representación del movimiento aislado se renuncia a la resistencia del fortalecedor, del juego de rodillos y del agua, porque en el estado de fortalecimiento muscular que significa un movimiento aislado es más exacta la dosificación de la oposición manual. El fisioterapeuta puede evitar así esguinces nunca deseables. Para la práctica adicional independiente se puede incluir el fortalecedor, el *pulling-former* y el juego de rodillos.

Las articulaciones finales de los dedos

Dirección del movimiento: Flexión.

- *Movimiento contra una resistencia manual* (Figura **2.35**).

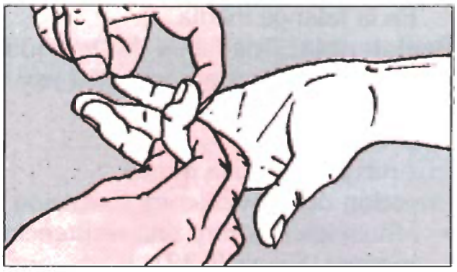


Figura 2.35

Posición del paciente:

Sentado en el taburete; la mano y el antebrazo reposan en la mesa, antebrazo en supinación.

Fijación:

En la falange media.

Resistencia:

En la falange final.

- *Movimiento contra una resistencia*

de los llamados fortalecedores de dedos (Figura **2.36**).

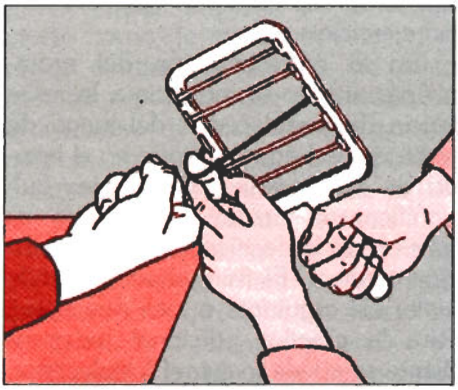


Figura 2.36

Posición del paciente:

Sentado en el taburete; mano y antebrazo reposan sobre la mesa; antebrazo en supinación.

Fijación:

En la falange media.

Resistencia: mediante la tracción elástica del juego de gomas del aparato.

Articulación de la rodilla

Dirección del movimiento: Extensión

- *Movimiento contra una resistencia manual* (Figura **2.37**).

Posición del paciente:

Sentado en el banco; la articulación de la rodilla flexionada 90 grados, la pierna colgando.

Fijación:

Si es necesario, en el muslo por encima de la rótula.

Resistencia:

Próximal a la articulación tibiotarsiana superior (por encima del tobillo) en la parte anterior de la pierna.

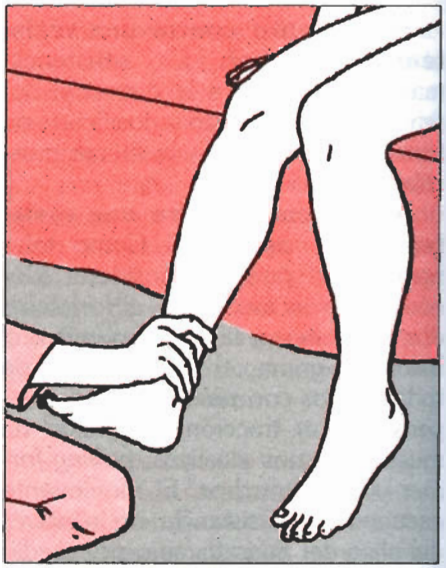


Figura 2.37

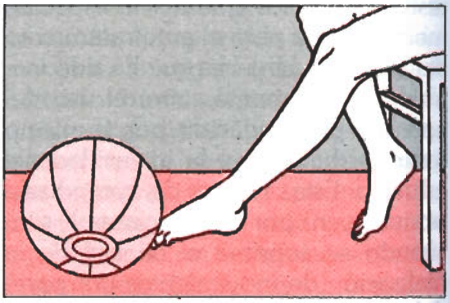


Figura 2.38

- *Movimiento contra la resistencia de aparatos* (Figura **2.38**)

a) Balón medicinal:

Posición del paciente:

Sentado en el taburete; articulación de la rodilla flexionada 90 grados.

Resistencia:

Balón medicinal: mediante estiramiento de la rodilla se aparta o se hace rodar el balón (por su propio peso) hacia delante.

b) Mesa de suspensión con juego fortalecedor o con muelles (Figura 2. **39**)

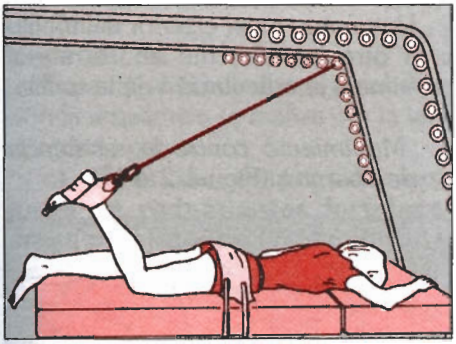


Figura 2.39

Posición del paciente:

Decúbito prono; articulación de la cadera estirada, articulación de la rodilla flexionada, cabestrillo en la antepierna y en el pie.

Fijación:

Cinturón sobre la articulación de la cadera y la pelvis.

Resistencia:

Juego de rodamiento fortalecedor fijado en la mesa de suspensión por encima de la cabeza.

Articulación del codo

Dirección del movimiento: Flexión.

• *Resistencia manual* (Figura **2.40**).

Posición del paciente:

Decúbito supino; articulación del codo estirada.

Posición del fisioterapeuta:

Junto al paciente, a la altura de la mano (mirándole).

Resistencia:

Próxima a la articulación de la mano en el antebrazo.

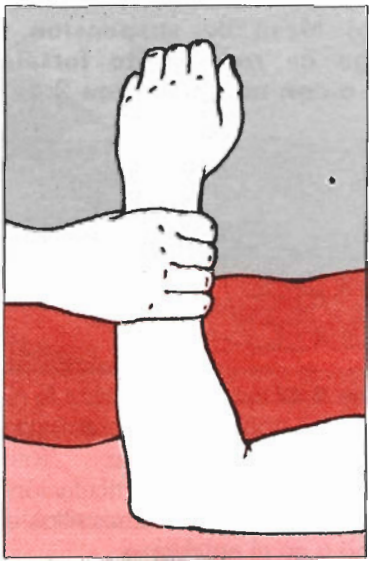


Figura 2.40

• *Movimiento contra la resistencia de aparatos* (Figura **2.41**)

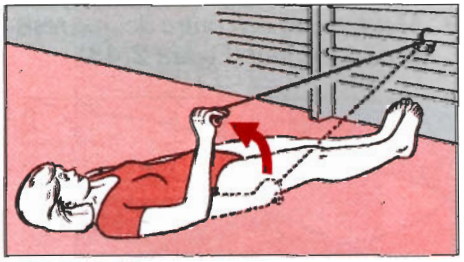


Figura 2.41:

a) Goma (fortalecedor)

Posición del paciente:

Decúbito supino (o sentado en un taburete); codo estirado, la mano agarra la goma fijada en la espaldera.

Resistencia:

El paciente flexiona el codo buscando la resistencia de tracción elástica de la goma.

b) Mesa de suspensión con juego de rodamiento fortalecedor o con muelle (Figura **2.42**)

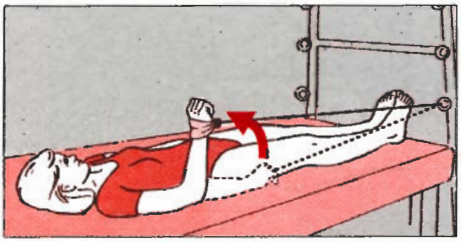


Figura 2.42

Posición del paciente:
Decúbito supino; articulación del codo en extensión. Cabestrillos en la mano y en el antebrazo.
Resistencia:
Juego fortalecedor, fijado en la cama a la altura de los pies.

Articulación de la cadera
Dirección del movimiento: Abducción

- *Movimiento en contra de una resistencia manual* (Figura **2.43**)

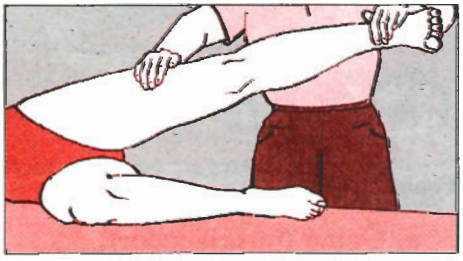


Figura 2.43

Posición del paciente:
Lateral; la pierna de abajo flexionada en la articulación de la rodilla y en la cadera (postura lateral estable), la pierna superior estirada en la articulación de la rodilla y en la cadera, reposa sobre la pierna de abajo.
Posición del fisioterapeuta:
Detrás del paciente.
Resistencia:
Una mano en el exterior del tobillo y la otra lateralmente en el muslo, próxima a la articulación de la rodilla.

- *Movimiento contra la resistencia de aparatos* (Figura **2.44**).

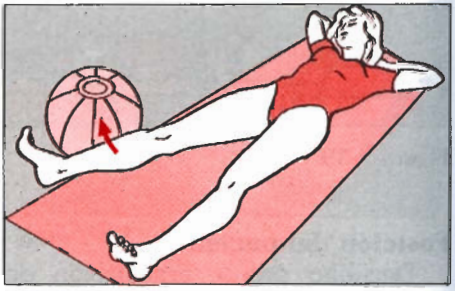


Figura 2.44

a) Balón medicinal
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Resistencia:
El balón medicinal está situado en el exterior del tobillo y por su propio peso hace de resistencia al hacer un movimiento de abducción.

b) Goma (fortalecedor) (Figura **2.45**)

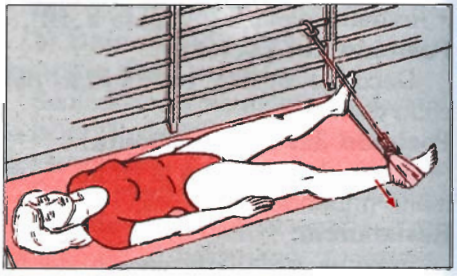


Figura 2.45

Posición del paciente:
Decúbito supino; uno de los extremos de la goma (fortalecedor) está fijado en el tobillo, el otro extremo a la espaldera.
Resistencia:
Durante el movimiento de abducción la resistencia se realiza por la tensión de la goma.

c) Mesa de suspensión con juego de rodamientos fortalecedores o de muelle (Figura **2.46**)

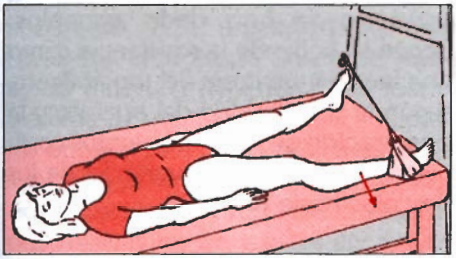


Figura 2.46

Posición del paciente:
Decúbito supino; cabestrillo en el tobillo y pie.
Resistencia:
El fortalecedor fijado en la camilla (aquí a la altura del pie izquierdo) ofrece la resistencia al movimiento de abducción.

Articulación del hombro
Dirección del movimiento: rotación externa
- *Movimiento contra una resistencia manual* (Figura **2.47**).

Posición del paciente:
Decúbito prono; articulación del hombro en 90 grados de abdución, codo flexionado 90 grados, antebrazo colgando.

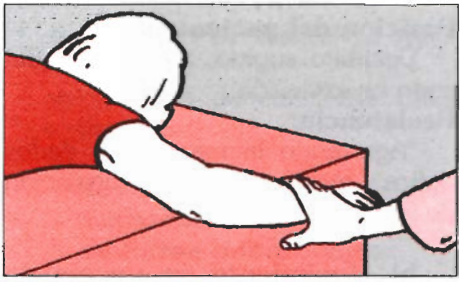


Figura 2.47

Resistencia:
En el antebrazo del paciente (en el lado contrario a la dirección del movimiento).

Movimiento complejo contra una resistencia
- *Movimiento complejo contra una resistencia manual.*

a) Movimiento de dos ejes articulares en una articulación (Figura **2.48**)

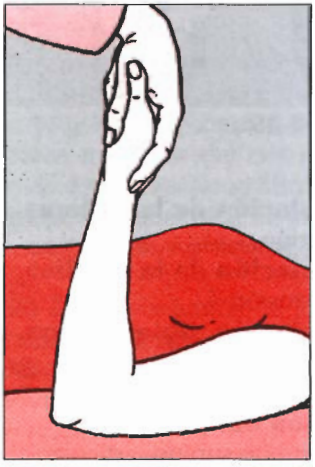


Figura 2.48

Articulación del codo:
Flexión, supinación.

Posición del paciente:
Decúbito supino; articulación del codo en extensión.
Resistencia:
"Agarrando la mano", los dedos índice y medio apoyan la articulación de la mano.

b) Movimiento en un eje de articulación en varias articulaciones (Figura **2.49**)

Figura 2.49:

Articulación de la cadera:
Flexión.
Articulación de la rodilla:
Extensión
Articulación tibiotarsiana superior:
Extensión.
Posición del paciente:
Decúbito supino; articulación de la cadera extendida y ligeramente abducida, articulación de la rodilla flexionada, articulación tibiotarsiana superior en flexión plantar.
Resistencia:
Una mano en el dorso del pie, la otra en la parte interior del muslo, un poco por encima de la articulación de la rodilla.

Otras posibilidades para un movimiento complejo contra una resistencia se pueden consultar en las técnicas FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva).

Para el movimiento complejo contra la resistencia de aparatos y del agua no se han dado ejemplos. Según se entiende la resistencia como una fuerza inhibitoria del movimiento, según la singularidad del aparato y la significación de los movimientos complejos, estos ejercicios variarán de los descritos hasta ahora.

Movimiento contra una resistencia que actúa de forma duradera

Introducción: El movimiento contra una resistencia duradera designa movimientos de iguales grupos musculares contra una resistencia móvil durante un largo espacio de tiempo, por lo menos 5 a 10 minutos. La oposición se realizará a través de *aparatos* y del *agua*, y apenas será manual, puesto que se pierde demasiado tiempo. El movimiento contra una resistencia duradera es, la mayoría de las veces, un movimiento complejo, pero renunciamos –al igual que se hacía en el movimiento libre– a calificarlo como de "complejo". Si la oposición es poca, es decir, la fuerza muscular permanece por debajo del 15-20% de la fuerza máxima, el músculo trabaja con una liberación de energía aeróbia y, por ello, se ejercita por debajo del límí-

te de resistencia física o del umbral aeróbio-anaeróbio. Esto se puede ver después de un largo período en el movimiento en la forma de resistencia física, por ejemplo de 5 a 10 minutos de bicicleta, o en más cantidad, por ejemplo de 10 a 30 minutos de repeticiones del movimiento con un fortalecedor pequeño. Si un paciente tiene una musculatura débil, es decir, su fuerza máxima es baja, entonces su tiempo en el movimiento del modo de resistencia física ha de ser más corto, y el número de las repeticiones es más corto que el indicado antes. La resistencia muscular depende de la fuerza máxima de una persona. Si los aparatos oponen una gran resistencia, para superarla tiene que aumentar la tensión muscular y el músculo o los grupos musculares se tensan en mayor porcentaje de la fuerza máxima, por ejemplo de un 40% a un 50 %. La parte estática de la contracción dinámica se eleva, la energía se transforma en anaeróbia y el músculo se fatiga antes. Entonces sólo trabaja por encima del umbral aeróbio-anaeróbio. Esto es comparable al movimiento de resistencia física en un espacio corto de tiempo y contra una fuerte oposición del aparato, con un movimiento de resistencia física en un espacio temporal largo contra una resistencia del aparato más débil.

El movimiento contra una resistencia en el modo de resistencia física se ejecuta de dos maneras con grupos musculares de pequeños a medianos y grandes (al igual que en el movimiento libre):

- en el modo de resistencia física intermitente,
- en el modo de resistencia física continuada.

Movimiento contra una resistencia que actúa de forma intermitente

Las características de la resistencia intermitente están representadas en el movimiento libre en el modo de resistencia intermitente. Vale decir lo mismo para el movimiento contra una resistencia en el modo de resistencia física intermitente. La duración de la pausa también aquí depende de las capacidades del paciente y por otro lado de la intensidad del esfuerzo, esto es, la cantidad de resistencia (obstáculos) que hay que superar y el ritmo del movimiento en la fase de esfuerzo.

Modos del movimiento contra una resistencia intermitente

1. Series de movimientos de grupos musculares de pequeños a medianos y grandes (organización de la masa muscular del cuerpo, ver formas del movimiento libre):
   - series de movimientos de las piernas contra una resistencia (oposición),
   - series de movimientos de los brazos contra una resistencia,
   - series de movimientos de brazos y piernas al mismo tiempo contra una resistencia.
2. andar en el agua.
3. montar en bicicleta en un recorrido llano o en la bicicleta estática.

Técnicas del movimiento contra una resistencia en la forma de resistencia física intermitente

Series de movimientos de grupos musculares de pequeños a medianos y grandes de las extremidades en alternancia con pausas de recuperación incompletas (método interválico). Una serie de movimientos se compone de 5 a 30 repeticiones del movimiento. En los movimientos de las extremidades contra la resistencia de los aparatos móviles hay que tener aún más en cuenta que en el movimiento libre el "esfuerzo" de los músculos del tronco, es decir, la estabilización de algunas partes del tronco para la creación del (punto fijo) para los músculos de las extremidades. Esto es válido sobre todo para el movimiento de los brazos en posición erecta (Figura **2.51** movimiento con el "muelle de acero"). Resistencias móviles pueden ejercer, entre otros, materiales elásticos como fortalecedores de goma, arcilla plástica o parafina, el minifortalecedor (juego de gomas), el muelle de acero elástico, los colchones de gomaespuma, los pedales de una bicicleta, etc.

a) Series de movimiento de las piernas contra una resistencia:

Ejemplo: Empuje de una base elástica de gomaespuma a los pies de una cama (envueltas las piernas) (Figura **2.50**).

posición del paciente:
Decúbito supino.

Intensidad del estímulo:
Empujar 20 veces al ritmo de un empuje/seg.

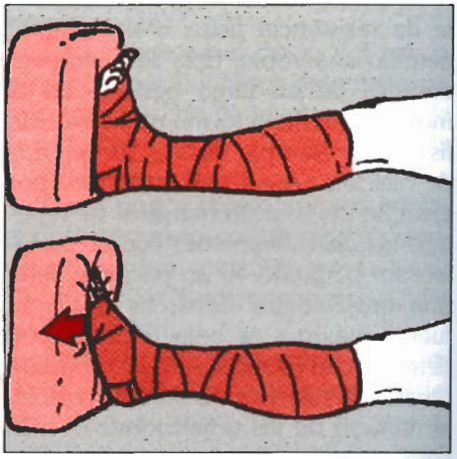


Figura 2.50: *Empuje en almohadillas de gomaespuma. Acción de la articulación tibiotarsiana y del músculo peroneo (para la profilaxis de la trombosis)*

Duración del estímulo:
20 segundos (1 serie).

Duración de la pausa:
10 segundos.

Fuerza del estímulo:
Grande, puesto que la pausa es pequeña.

Total del estímulo:
50 segundos en tres series con dos pausas.

b) Series de movimientos de los brazos contra una resistencia:

Ejemplo: Movimiento con el muelle de acero elástico de cuatro kg (Figura **2.51**).

Se debe adoptar una posición de piernas ligeramente abiertas.

Intensidad del estímulo:
30 ciclos a un ritmo de dos segundos por ciclo.

Duración de la intensidad:
60 segundos (frecuencia del pulso 120 lat./min).

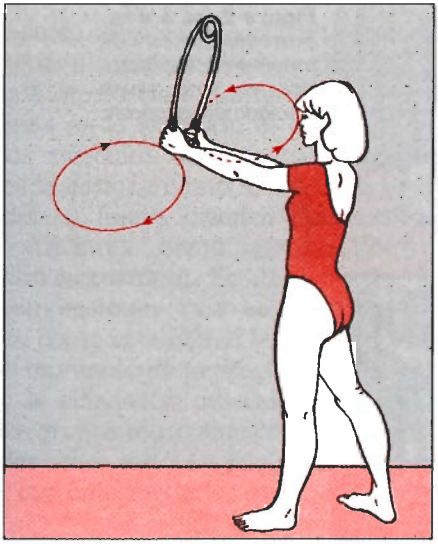


Figura 2.51: *Una fase del desarrollo del movimiento en el ejercicio con el muelle elástico (de Hollmann).*

Duración de la pausa:
90 segundos (frecuencia cardíaca 100 lat./min al final de la pausa).
Fuerza del estímulo:
Mediana (la pausa es más larga que el esfuerzo),
Total del esfuerzo:
6 minutos en tres series y dos pausas.

c) Series de movimientos de las piernas y los brazos al mismo tiempo contra una resistencia:

Ejemplo: Mover las manos contra la resistencia de las mancuernas, mover las piernas libremente.
Posición del paciente:
Decúbito supino; la Figura **2.52** muestra a una joven con escoliosis en el entrenamiento de movimientos de rotación y en la posición de decúbito supino.
Intensidad del estímulo:
Estirar y flexionar los brazos y las piernas tan rápido como sea posible.
Duración del estímulo:
30 segundos (frecuencia cardíaca 170 lat./min).
Duración de la pausa:
40 segundos (frecuencia cardíaca 120 lat./min al final de la pausa).
Fuerza del estímulo:
Mediana (pausa más larga que el esfuerzo).
Total del estímulo:
Aproximadamente tres minutos en tres series y dos pausas.

Pedalear en la bicicleta estática (entrenamiento en casa – cicloergómetro) en la forma de resistencia prolongada intermitente. El entrenamiento en la bicicleta o entrenamiento ergométrico puede ser llevado a cabo mediante un esfuerzo continuado, pero también a intervalos, por ejemplo, un minuto en la fase de esfuerzo con 75 vatios, dos minutos en la fase con 25 vatios y con dos a tres repeticiones.

Movimiento contra una resistencia en la forma de resistencia de larga duración continuada

La característica esencial es la del mismo esfuerzo (estado constante en las diferentes funciones corporales) contra de la resistencia de aparatos móviles en un espacio de tiempo largo, por lo menos 5 a 10 minutos. Es decisivo para una forma continuada de resistencia física la fuerza de la oposición. Si los músculos trabajan para superar la resistencia con componentes altamente estáticos –también en el ámbito del esfuerzo de resistencia físi-

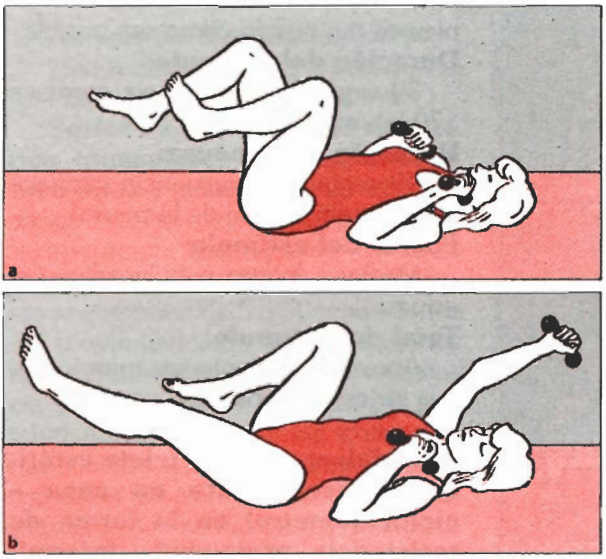


Figura 2.52 a y b: *Entrenamientos de movimientos rotatorios en una joven afectada de escoliosis.*

ca general anaeróbia dinámica–, se requiere una resistencia muscular anaeróbia local dinámica. El componente de energía anaeróbia es alto y la resistencia dinámica de la fuerza depende de la capacidad del músculo para liberar energía de manera anaeróbia, esto es, de su capacidad anaeróbia. Si esta capacidad es poca, el movimiento de los brazos o las piernas se interrumpe con signos de fatiga periférica, por ejemplo en la bicicleta cuando al pisar contra una fuerte resistencia de frenado la musculatura de la pierna es demasiado débil.

Formas y técnicas del movimiento en contra de una resistencia en la forma de resistencia física continuada

Montar en bicicleta en llano o en bicicleta estática (entrenamiento en casa o **cicloergómetro, llamado entrenamiento ergométrico**):

Ejemplo: para montar en bicicleta en la forma de resistencia física continuada en un paciente de 19 años con muy pocas capacidades físicas (diagnóstico para el tratamiento fisioterapeútico: insuficiencia renal de grado alto con hipotonía y propensión al colapso, diálisis en casa):

Intensidad del estímulo:

25 vatios con una frecuencia cardíaca de 110 lat./min.

Duración del estímulo:

Al comienzo del entrenamiento y total del estímulo tres minutos y a los dos meses es posible una subida a 12 minutos con una FC de 120 lat./min.

2.3.4. Situación de parada

Definición: Designamos por tal situación todas las posiciones de una o más articulaciones, o de todo el cuerpo, que con contracciones mus-

culares estáticas tienen como fin detenerse o mantenerse en la posición en que se estuviera. La tensión desarrollada en la situación es la fuerza que los músculos son capaces de reunir. Se la designa como fuerza de la situación o fuerza estática (hasta ahora considerada como ejercicio de tensión isométrico). Se deben evitar las compresiones que se puedan dar, así como el contener la respiración en el momento de la situación de parada y la activación muscular estática de los grupos musculares medios y grandes sobre todo en pacientes mayores y con enfermedades cardiovasculares.

La situación de parada en porcentaje de la fuerza máxima[3]

Definición: Los principios de dosificación elaborados por la medicina del trabajo dan por desechado el significado de "parada en porcentaje de la fuerza máxima". "La fuerza empleada se designa como fuerza máxima en una arbitraria máxima tensión muscular estática" (Hollmann y Hettinger 1980). En el tratamiento fisioterapéutico se trabaja, de acuerdo en la mayoría de los casos con las recomendaciones de Hettinger (1983), en el entrenamiento isométrico con aproximadamente del 50% al 70% de la fuerza máxima y con unos 5 a 10 segundos de duración de la parada, con tres a cinco contracciones al día. El porcentaje se ve en la práctica en el número de repeticiones, esto es, si un grupo muscular puede repetir de 5 a 10 veces la tensión en una situación estática, se contrae según nuestra experiencia con un 50-70%. En los músculos muy débiles se tiene que tener en cuenta el lento proceso de tensión y hay que alargar el tiempo de entrenamiento para cada contracción. Sin embargo, se utilizan también contracciones con un 100% de la fuerza máxima.

Formas de la situación de parada en porcentaje de la fuerza máxima

Se diferencian los siguientes modos de situación o entrenamiento de la fuerza estática:

- Situación de parada mediante la contracción de determinados grupos musculares (hasta ahora denominado ejercicio de contracción isométrica),
- Situación de parada contra la acción de la gravedad. La fuerza de la gravedad de la tierra puede –según sea la posición del cuerpo o de sus partes– ejercer una influencia mayor o menor. Si el tronco y las extremidades se encuentran en una posición vertical, la influencia de la gravedad es pequeña. Si, por el contrario, la posición en que se encuentran es horizontal, la resistencia depende de la longitud del brazo de palanca del cuerpo hasta el punto de giro de las correspondientes articulaciones. Si se puede resistir de pie o sentado durante horas, los músculos del tronco se contraen con menos de un 15% de su fuerza estática máxima. En este caso la

[3] *En colaboración con el Prof. Dr. Méd. H. M. Schmidt, Anatomisches Institut der Universität (Instituto Anatómico de la Universidad), Bonn.*

energía se proporciona aeróbiamente. Si el cuerpo se estira de modo arbitrario en dirección craneal, los músculos del tronco se contraen. Si la contracción estática está por encima de un 50% de la fuerza máxima, se puede proveer la energía sólo anaeróbiamente debido a una compresión capilar, y la duración de la situación estática está limitada.

- Situación de parada contra una resistencia física proporcionada por uno mismo o por otro.
- La situación u oposición contra una resistencia existente en partes fijas del entorno (pared, suelo) se ejecuta la mayoría de las veces con casi un 100% de la fuerza máxima. Entonces para alcanzar el objetivo de un efecto de entrenamiento relacionado con la fuerza estática es suficiente un período de tensión de dos a tres segundos (Hettinger 1983).

Técnicas de la parada en porcentaje de la fuerza máxima

Éstas representan las posibilidades del entrenamiento muscular estático

Parada por tensión de unos grupos musculares determinados.

Ejemplo: Entrenamiento de fuerza estático de los músculos de la zona de la pelvis. Los músculos de la pelvis pertenecen a los grupos musculares que no pueden contraerse por una resistencia externa. Se ejercitan en alternancia arbitraria de tensión-situación de parada - relajación. Para ello el período de pausa tiene que ser el doble de largo que el período de parada. Si la fuerza y la duración del esfuerzo o la duración del tiempo de la parada aumentan, puede reducirse el período de pausa (cocineros, carteros, etc.).

- Posición inicial: decúbito supino.
- Tensión de los músculos de la pelvis que posibilite la respiración. Aguantar la tensión unos 10 segundos. Repetirlo dos veces y hacer pausas intermedias de 20 segundos. Aplicar este programa tres veces diarias.

Parada contra la acción de la fuerza de la gravedad

Ejemplo: Aprendizaje de la "sensación de la parada" para la posición erecta. En *la organización de la situación de parada* con el desarrollo de la percepción del cuerpo (Ehrenberg 1987), para mantener erguido el cuerpo no se trabaja con un alto porcentaje de la fuerza máxima de la correspondiente tensión muscular. El desarrollo de la tensión tiene más un carácter coordinador. La figura. **2.53 a** y **b** muestra un conocido cambio de tensión. En la secuencia **a** de la figura **2.53** se da una posición desplomada, es decir, las articulaciones de las rodilla de la cadera y las articulaciones tibiotarsianas superiores están ligeramente inclinadas, la pelvis está caída hacia atrás, la cifosis dorsal y la lordosis cervical se han reforzado, el mentón está algo levantado si se mira en línea recta. En cambio, en la secuencia **b** de la figura **2.53** se muestra la situación estirada, "la parada correcta" (bipedestación), las rodillas estiradas, la pelvis en posición media, se reduce la curvatura de la

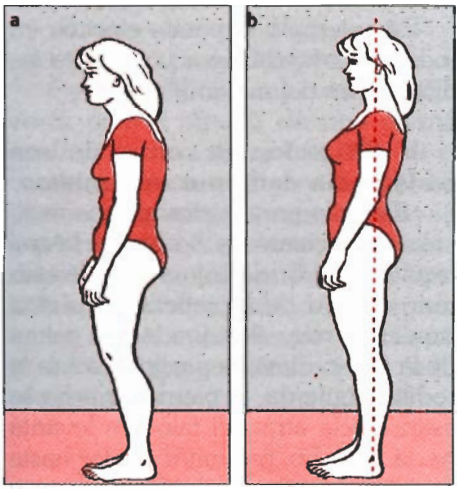


Figura 2.53 a y b: *Situación de parada en bipedestación.*

columna vertebral de manera que se levanta el pectoral y el mentón se acerca al cuello. La coronilla es el punto más alto del cuerpo. En esta "postura normal", tal y como la denominaron Frick y sus colaboradores (1987), los puntos de giro se encuentran en ambas articulaciones de la cadera, de la rodilla y las articulaciones tibiotarsianas superiores en la misma situación frontal. La vertical desde el centro de gravedad divide esta posición y acaba en la base de apoyo algo más dorsal.

Este aprendizaje de la "sensación de la parada" es presentado de forma muy variable por cada fisioterapeuta tanto en lo que se refiere a la duración de la situación como al número de repeticiones.

Ejemplo: Entrenamiento de la fuerza estática para los músculos de la espalda.

La situación del cuerpo en decúbito prono (tronco y piernas algo levantados del suelo y mirando hacia éste) tal y como muestra la figura **2.54.** Los músculos de la espalda y los glúteos están fuertemente contraidos y exige una liberación de energía anaeróbia. Para poder hacer varias repeticiones, son necesarias unas pausas de recuperación de 30 a 120 segundos. La duración de la pausa depende en gran medida de las condiciones del entrenamiento, esto es, unos músculos fuertes pueden, con pausas más cortas, hacer más repeticiones. También se pueden incluir situaciones variables en los desarrollos de movimiento con contracciones dinámicas, es decir "movimiento libre". Entonces se suprime el problema de la duración de la pausa.

Situación de parada contra una resistencia manual

a) Situación contra una resistencia externa

Ejemplo: para situación de parada con el músculo cuádriceps femoral orientado a un estiramiento de la rodilla (figura **2.55**):

Figura 2.54: *Situación de parada en decúbito prono.*

Figura 2.55: *Situación de parada ("estiramiento") en la articulación de la rodilla.*

Posición del paciente:

Sentado en el banco; las articulaciones de la rodilla y la cadera flexionadas 90 grados.

Posición del fisioterapeuta:

Agachado, al lado del paciente, la mano en la parte exterior del tobillo.

Resistencia:

El fisioterapeuta presiona tratando de flexionar la pierna del paciente, el cual contrarresta con su fuerza sin que se produzca un movimiento.

Este ejemplo se puede efectuar en todas las articulaciones y en todas las direcciones del movimiento.

b) Situación en contra de una resistencia dada por uno mismo

Ejemplo para varios grupos musculares: Paciente en "posición lateral izquierda, el brazo izquierdo está estirado debajo de la cabeza, la pierna izquierda muy flexionada, la palma de la mano derecha presiona sobre la rodilla izquierda, la pierna derecha se estira hacia atrás, el talón se levanta hacia el techo, presionar contar hasta 5, dejar de presionar, relajar brazos y piernas" (Oldenkott 1980) (figura **2.56**).

En está postura, que reclinada evoluciona en lo que se denomina, según Brunkow, postura de apoyo, entran en juego en contracción estática los siguientes músculos: los extensores del brazo derecho, los músculos abdominales y los músculos flexores de la cadera, porque se ejercita una presión manual propia; los extensores de la pierna derecha, los abductores de la cadera, el músculo glúteo mayor y partes del músculo erector de columna, porque se mantiene la pierna contra la fuerza de la gravedad.

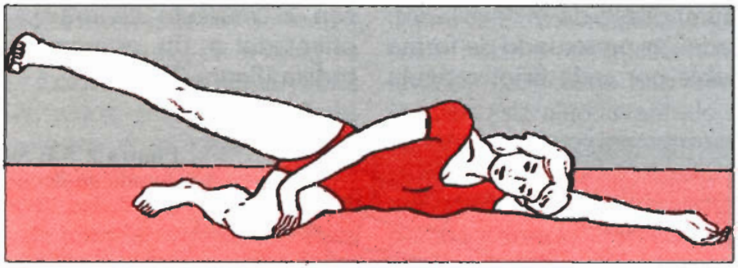


Figura 2.56: *Situación de parada en posición lateral.*

Parada contra una resistencia existente en partes fijas del entorno

Ejemplo: Apoyo muscular estático en la pierna. Apoyo de una pierna contra el suelo estando sentado en el borde de la cama (figura **2.57**). La paciente presiona con la pierna izquierda todo el pie o toda la planta del pie contra el suelo. Para ello traslada el tronco hacia el lado de la pierna de apoyo, mientras que la cabeza se inclina ligeramente hacia el lado contrario.

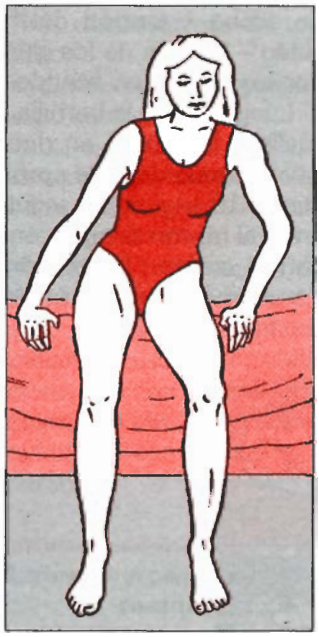


Figura 2.57: *Apoyo sentado en el borde de la cama.*

La situación de parada bajo concentración en alternancia con la tensión

Definición: Dirigir la atención sobre determinadas sensaciones del cuerpo al tensar y destensar los músculos en cada parte del cuerpo o en todo el cuerpo.

La atención del paciente tiene que ir dirigida a las siguientes sensaciones y procesos corporales:

- A la sensación de tensión (sensación de contracción del músculo) y la sensación de relajación (sensación de distensión del músculo).
- A la sensación del peso y de la situación, lo que quiere decir que en la tensión hay un músculo apoyado con menor extensión y menor peso sobre la superficie, y que en la relajación el músculo está apoyado sobre una mayor extensión y es más pesado.
- A los diferentes modos de llevar la respiración, es decir, respiración frecuente (según en qué circunstancias contener la respiración) al tensar, respiración normal con una o dos posibles aspiraciones profundas después de relajar (la llamada respiración posterior).

Se puede dirigir la atención hacia otro tipo de sensaciones, pero las aquí descritas son las comunes y más frecuentes para todos los pacientes.

Para la técnica de "la parada bajo concentración en alternancia con la tensión" vale la *regla:* la tensión y la distensión se tienen que llevar a cabo al mismo ritmo. Para el aprendizaje de las sensaciones del cuerpo son importantes una tensión y una distensión lentas. Cada alternancia de la tensión puede ir relacionada en el tratamiento fisoterapéutico con la percepción o con la atención (más información sobre el contenido de esta

técnica en "Efectos de las técnicas de tratamiento fisioterapéutico").

Ejemplos: Tensión de todo el cuerpo en la posición de decúbito supino. Esta alternancia sistemática de la tensión con paradas intermitentes ejercita sobre todo los músculos erectores del cuerpo. Se ejecuta en tres fases (Figura **2.58 a-c**)

Posición del paciente:
Decúbito supino.

1ª. Fase = *Tensión:* Subir las puntas de los dedos de los pies hacia arriba –llevar el huco poplíteo hacia la base– tensar los glúteos y cuidar de que las vértebras lumbares se muevan en dirección a la base. *Mantener* (la situación) durante aproximadamente 10 segundos. *Distensión:* A libre elección se va relajando un grupo muscular tras otro.

2ª. Fase = *Tensión:* Se empieza igual que en la primera fase, es decir, puntas de los dedos de los pies hacia arriba –se lleva el hueco poplíteo hacia la base–, tensión fuerte de los glúteos. Luego estirar ambas manos a lo largo de las piernas en dirección a los pies. *Situación* mantenida durante aproximadamente 10 segundos (¡seguir respirando!). *Distensión:* Según se prefiera, se relaja un grupo muscular después de otro.

3ª. Fase = *Tensión*: Como en la primera y segunda fases, es decir, puntas de los dedos de los pies hacia arriba – tensión del hueco poplíteo – tensión de los glúteos – estirar los brazos en sentido a los pies. Luego estirar la barbilla hacia el cuello – la cabeza en dirección craneal. *Parada* durante aproximadamente 10 segundos, seguir respirando al mismo tiempo con aspiraciones cortas. *Distensión:* Se relaja un grupo muscular detrás de otro o todos a la vez.

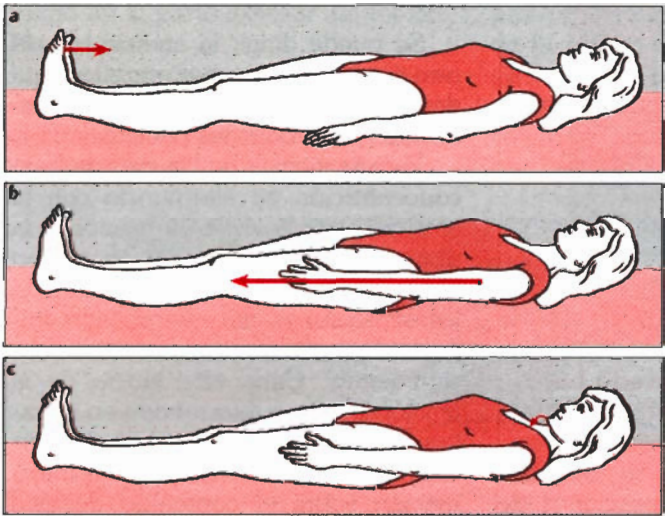


Figura 2.58 a-c: *Tensión de todo el cuerpo, en tres fases, en decúbito supino..*

2.3.5. Movimiento y parada

Definición: Ambas formas de trabajo de los músculos (contracción estática y dinámica) están coordinadas, como se ha comentado anteriormente, en los movimientos en el trabajo, en los movimientos cotidianos, el deporte y el juego. A menudo están integradas en las técnicas fisioterapéuticas o se enseñan en las actividades diarias. Diferenciamos:

- Introducción de paradas durante y al final del desarrollo de un movimiento.
- Transición de una posición del cuerpo a otra.

Introducción de paradas durante y al final del desarrollo de un movimiento

Definición: Introducción de fases de parada en un punto deseado o al final del desarrollo de un movimiento. Diferenciamos distintas posibilidades:

- Movimiento con apoyo y parada.
- Movimiento libre y parada.
- Movimiento contra una resistencia y parada.

Movimiento con apoyo y parada

Movimiento y parada con apoyo manual

Durante un movimiento que tiene apoyo manual, se suprime en cualquiera de los puntos del movimiento el apoyo manual y, al mismo tiempo, se pide al paciente que mantenga la postura. Después el movimiento (en caso de que la parada no tenga lugar al final del movimiento) se continúa con el apoyo manual.

Ejemplo: Articulación de la rodilla. Dirección del movimiento:

Extensión.

El paciente efectúa el movimiento desde la flexión de la rodilla hasta la extensión de ésta. Mientras se ejecuta el desarrollo del movimiento, el fisioterapeuta pide al paciente una parada y, para continuar el movimiento, prescinde del apoyo de la mano en el talón; después apoya el movimiento otra vez con la mano en el talón hasta el final de aquél.

Este ejemplo se puede hacer en todas las articulaciones de un eje, de dos ejes y de tres ejes, con sus diferentes direcciones de movimiento, tanto en el movimiento aislado, como en el complejo y en la parada con apoyo manual.

Movimiento y parada con apoyo en el juego de rodillos

Aquí sirve el mismo principio que en el apoyo manual. La "parada" se alcanza cuando la tracción se interrumpe por un tiempo mientras el paciente intenta mantener la postura.

Ejemplo: Articulaciones vertebrales. Dirección del movimiento: Rotación externa.

El paciente ejecuta el movimiento desde la posición inicial hasta el movimiento de rotación externa y es apoyado además por el juego de rodillos (tirando del agarre). Mientras se lleva a cabo el desarrollo del movimiento se exige al paciente que mantenga la parada al interrumpir el fisioterapeuta la tensión. Después se apoya nuevamente el movimiento

con el juego de rodillos hasta el final del movimiento.

Este ejemplo se puede ejecutar en todas las articulaciones de dos y tres ejes. El movimiento complejo y la parada con apoyo en el juego de rodillos sólo es posible en la misma dirección del movimiento alrededor del mismo eje en varias articulaciones.

Movimiento y parada con apoyo en la mesa de suspensión

El movimiento y la parada con apoyo en la mesa de suspensión se ejecuta igual que el movimiento con apoyo. Además se introduce una fase de parada en el movimiento. En esta situación no se alcanza un gasto excesivo de esfuerzo, puesto que el apoyo de la mesa de suspensión reside en la reducción de la propia gravedad y esta reducción no puede variar.

Lo arriba descrito vale para el movimiento aislado y la parada con apoyo en la mesa de suspensión.

Para el movimiento complejo y la parada con apoyo en la mesa de suspensión, consultar *Lotverschiebung* (Rolf y Kaeppel 1971).

Movimiento libre y parada[4]

En el movimiento libre una parada es especialmente eficaz cuando, a consecuencia del equilibrio inestable, se pone en peligro la postura del cuerpo.

Ejemplo: Oscilación del cuerpo (Figura **2.59 a–c**).

El cuerpo está en posición erecta y oscila gracias a una traslación del peso (traslación del centro de gravedad) sobre la base de apoyo. El movimiento se ejecuta en las articulaciones tibiotarsianas superiores, mientras que el peso del cuerpo al oscilar hacia delante se traslada al antepié, y al hacerlo hacia atrás se traslada a los talones. Al final de la fase de oscilación se puede parar por un espacio corto de tiempo. La vertical bajada desde el centro de gravedad cae en la oscilación hacia delante en el límite anterior de la superficie de apoyo y en la oscilación hacia atrás en el límite posterior. Para evitar que el cuerpo caiga en la oscilación anterior, se tensan los músculos del lado dorsal y en la oscilación posterior se tensan los músculos de la parte anterior (ventral).

Los músculos de la parte dorsal:

El músculo erector de la columna evita que el tronco y la cabeza se doblen hacia delante. Los glúteos mayores evitan que las articulaciones de la cadera se doblen hacia delante. Los músculos isquiocrurales evitan que se doblen hacia delante las articulaciones de la rodilla y la cadera. Los flexores plantares efectúan, junto con los músculos de la planta del pie, una elevación de la fuerza de presión en la planta del pie.

Los músculos de la cara anterior (ventral):

Los músculos abdominales, sobre todo el músculo recto del abdomen,

[4] *En colaboración con el Prof. Dr. Méd. H. M. Schmidt, Anatomisches Institut der Universität (Instituto Anatómico de la Universidad), Bonn.*

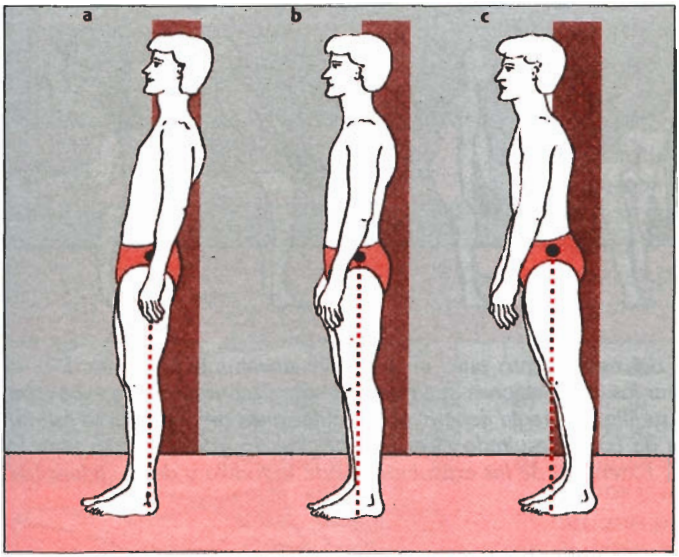


Figura 2.59 a-c: *Oscilación sobre la base de apoyo.*

el músculo cúadriceps femoral y los músculos tibiales evitan la caída hacia atrás.

Los brazos oscilan, porque permanecen en vertical.

Movimiento contra una resistencia y parada

Movimiento y parada contra una resistencia manual

En el movimiento contra una resistencia manual se introduce una parada durante el desarrollo del movimiento. Esto significa que la resistencia manual aumenta durante la parada.

Ejemplo: Articulación de la rodilla. Dirección del movimiento: Extensión.

Durante el movimiento desde la flexión de la rodilla a su extensión el fisioterapeuta aumenta en algún punto la resistencia (sólo hasta que no haya ninguna desviación de la dirección tanto en la flexión como en la extensión) y exige al paciente una parada. Entonces el movimiento puede ejecutarse con la resistencia desde el principio hasta el final en tanto que la parada no haya sido exigida al final del movimiento.

Partiendo de este ejemplo, se puede llevar a cabo esta técnica con diferentes movimientos en distintas articulaciones.

Movimiento en contra de una resistencia y parada en la actividad cotidiana

En el esfuerzo corporal diario hay que intentar, durante el movimiento y la parada con carga, parar lo menos posible cuando se está cargado. Esto sirve para evitar cargas no fisiológicas tanto en los enfermos con problemas de la columna como en los que tengan unos músculos del tronco débiles.

Ejemplo: Levantamiento y carga de peso.

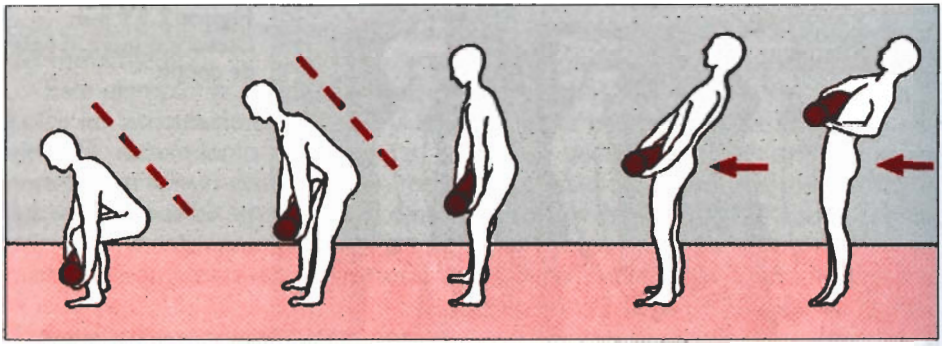


Figura 2.60: *Desarrollo del movimiento para un correcto levantamiento: Fases 1 a 4: Primero se tienen que estirar las articulaciones de la cadera; sólo después sigue la extensión de las articulaciones de la rodilla. Por regla general las articulaciones de la rodilla se estiran demasiado pronto, lo que da como resultado el que se origine un gran esfuerzo para la columna vertebral. Fase 5: Extensión de las articulaciones de la rodilla y de la cadera (de Gustavsen).*

Al levantar un peso, el centro de gravedad corporal se desplaza en dirección a la masa que se va levantar. La figura 2.**60** muestra una forma correcta de efectuar el levantamiento de un peso. Si se acerca la carga al cuerpo se hace posible una elevación cerca de la vertical gravitatoria.

Transición de una posición corporal a otra

Definición: Para enfermos con difícil transición desde la posición de tumbado a la de sentado o a la erecta.

Estos cambios de postura hay que cuidarlos especialmente en el tratamiento fisioterapútico:

- En enfermos con problemas de la columna vertebral para la disminución del dolor.
- En pacientes con una adaptación demorada de la marcha en posición vertical debido a una transición lenta.
- En pacientes que tienen que evitar compresiones respiratorias, por la percepción de un acoplamiento indeseable del movimiento del cuerpo y el de la respiración.
- En pacientes con unos músculos de las piernas débiles, para que se puedan levantar de forma "controlada".

Las principales transiciones típicas son:

- Desde la posición de decúbito en la cama a la de sentado en el borde de ésta.
- Desde la postura de decúbito prono (en la colchoneta) a la posición erecta.
- Diferentes maneras de levantarse de la silla.

Técnicas de las transiciones:

1. El *levantarse desde la postura de decúbito supino* en la cama hasta sentarse en el borde de ésta se muestra en la Figura **2.61 a-e**:

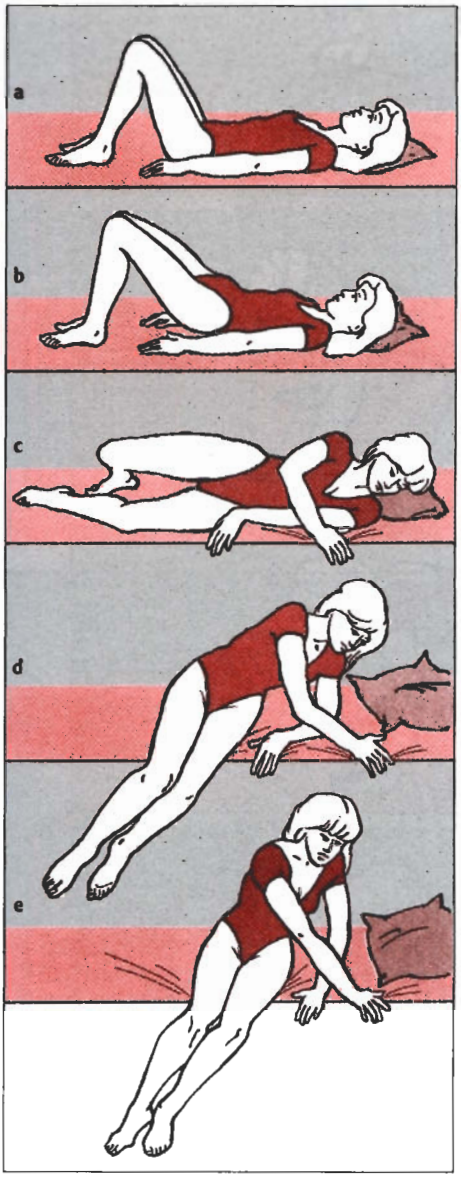


Figura 2.61 a-e

a) Subir los pies,
b) Levantar la pelvis y colocarse de lado,
c) Rodar hacia el borde de la cama ayudándose con el brazo.
d) Apoyarse en el codo para incorporarse,
e) Apoyarse en la mano para alcanzar la postura de sentado.

2. *Incorporarse desde la colchoneta* tal y como aparece en la Figura 2.**62 a–d:**
a) Subir las manos hasta la altura de los hombros.
b) Levantarse con la ayuda de las manos y al mismo tiempo flexionar una pierna.
c) Posición a cuatro patas.
d) Incorporarse desde la postura de medio arrodillado con apoyo en el muslo.

3. Las *formas para incorporarse desde la silla* se muestran las Figuras **2.63 a-c** y **2.64 a-d.**
a) El incorporarse apoyando las manos en los muslos sirve de ayuda a los músculos de la espalda y reduce la presión en discos vertebrales que puedan estar eventualmente débiles (Figura **2.63**).
b) La incorporación con apoyo de las manos en la silla facilita el erguirse con escasa fuerza muscular de las piernas (Figura **2.63 b**).
c) Comenzar la incorporación con ayuda de los músculos de las piernas cuando el pie está en la vertical por debajo del centro de gravedad del cuerpo (Figura **2.63 c**).
d) Incorporación desde la silla con la utilización de muletas. Cuatro fases (Figura **2.64 a–d**).

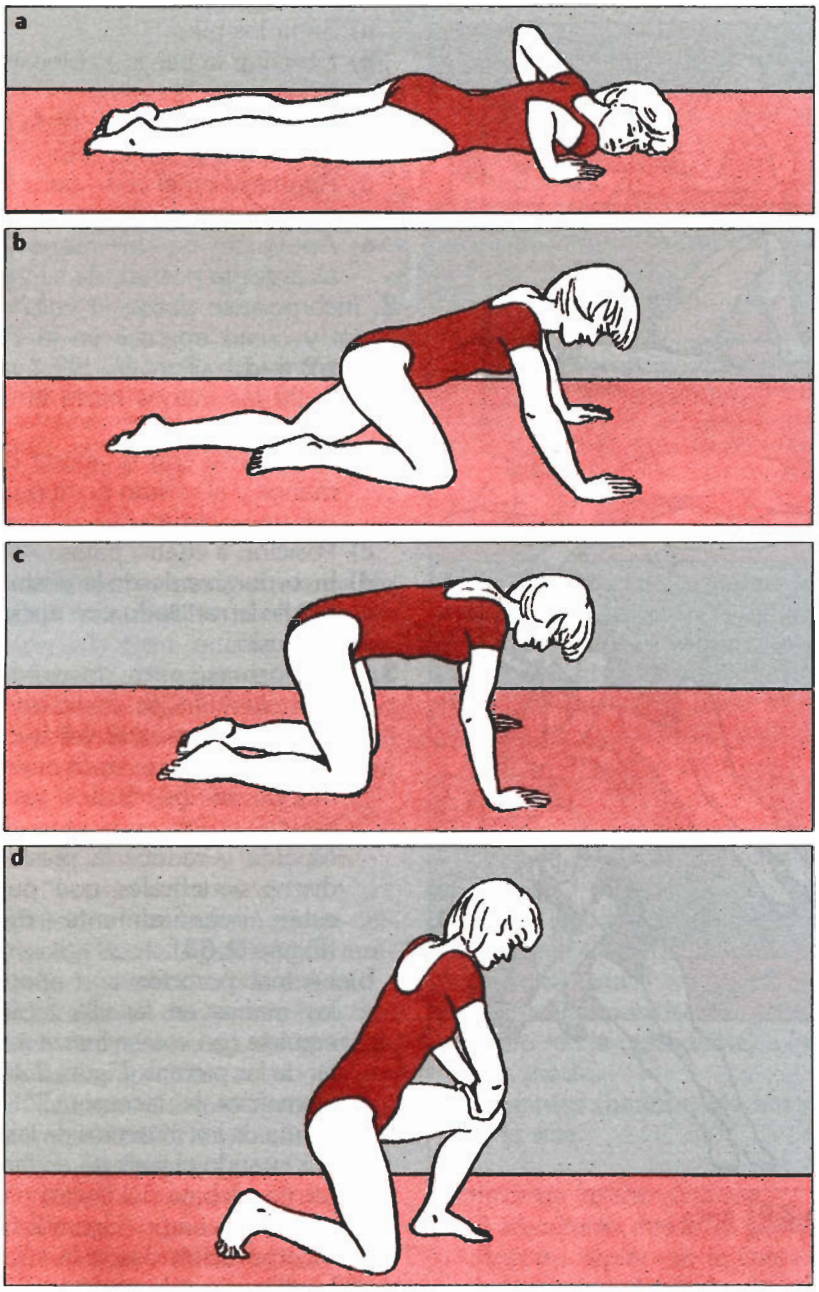


Figura 2.62 a-d

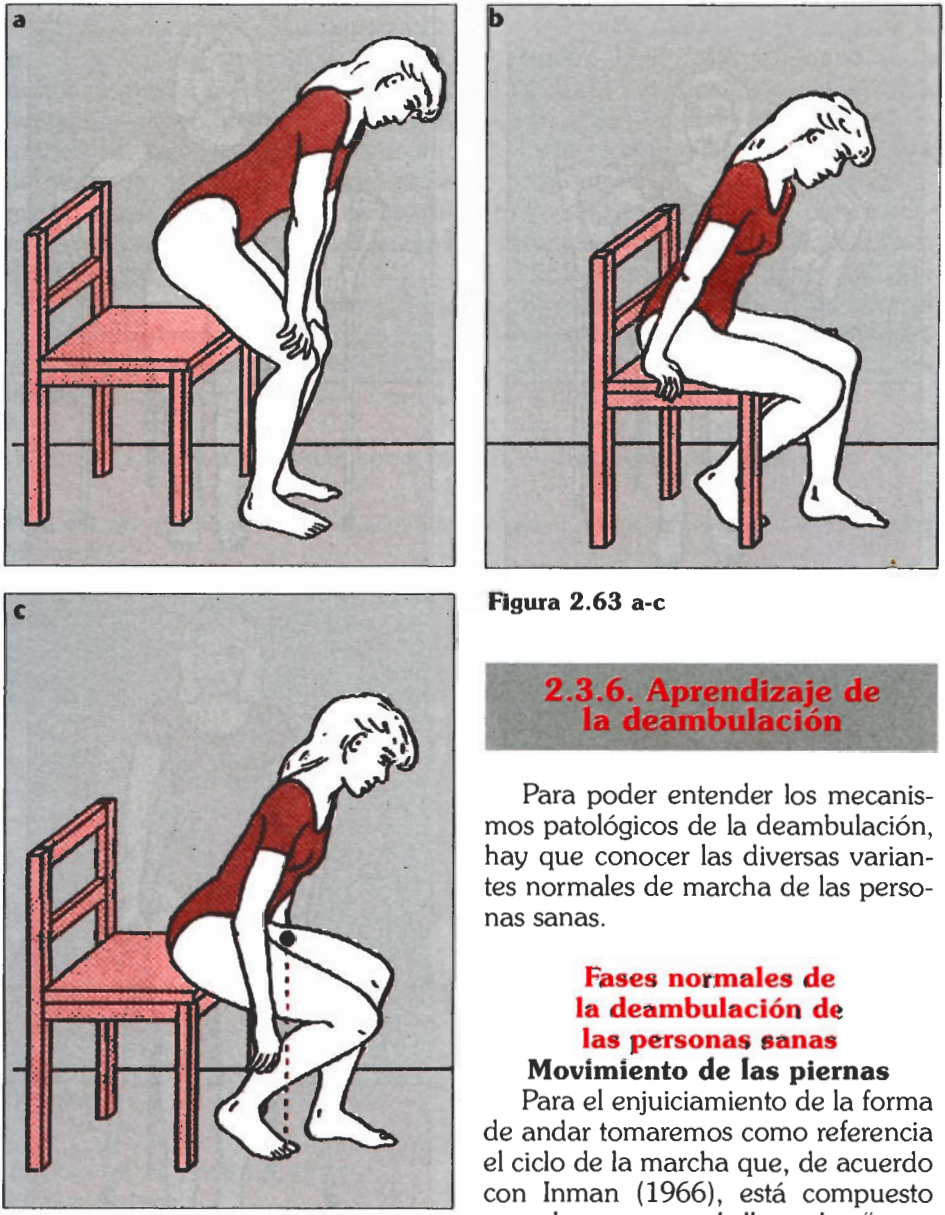


Figura 2.63 a-c

2.3.6. Aprendizaje de la deambulación

Para poder entender los mecanismos patológicos de la deambulación, hay que conocer las diversas variantes normales de marcha de las personas sanas.

Fases normales de la deambulación de las personas sanas

Movimiento de las piernas

Para el enjuiciamiento de la forma de andar tomaremos como referencia el ciclo de la marcha que, de acuerdo con Inman (1966), está compuesto por dos pasos, el llamado "paso doble". Se divide en dos fases:

- fase de apoyo = fase con esfuerzo,
- fase de impulso = fase sin esfuerzo.

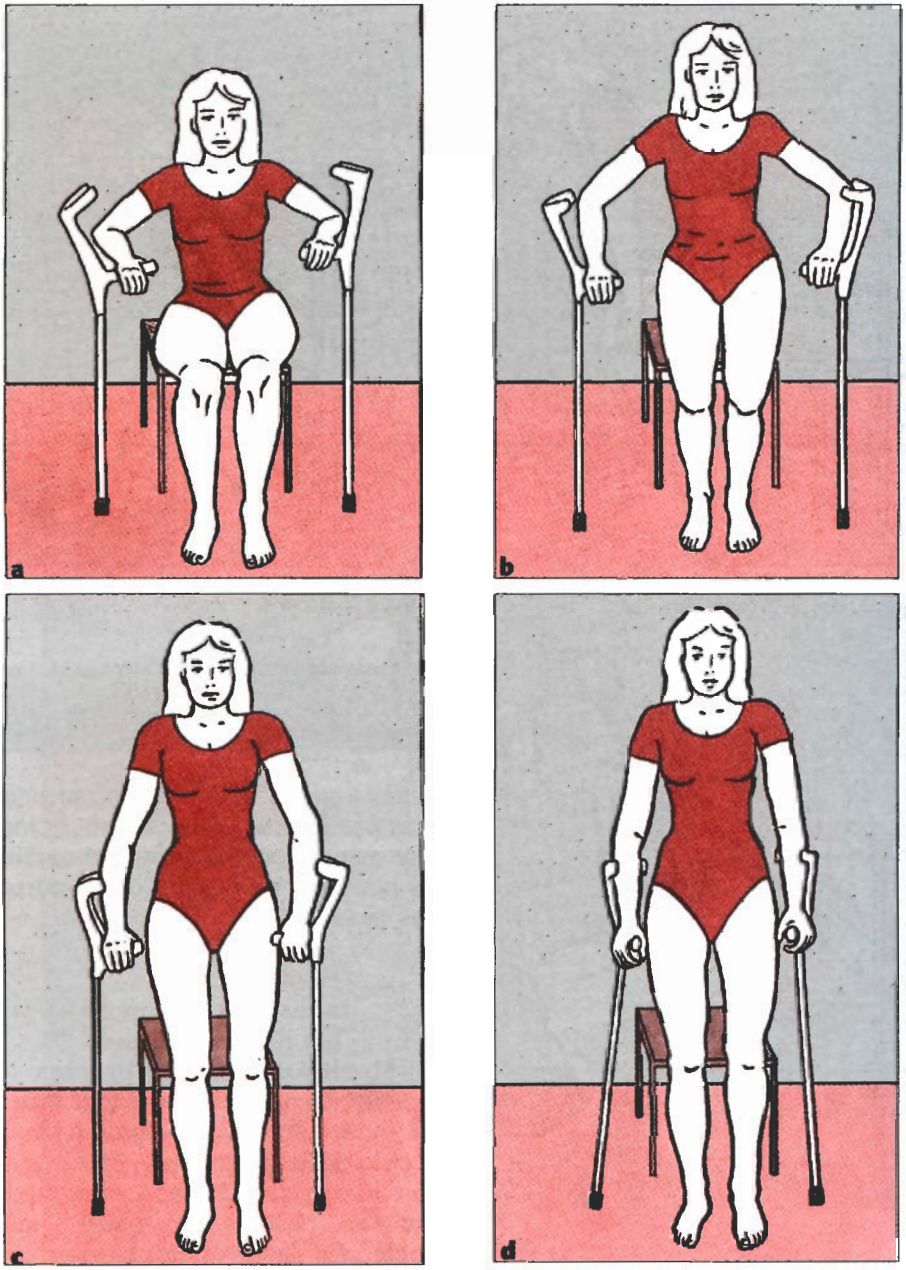


Figura 2.64 a-d: *Incorporación, en secuencia de cuatro fases, desde la silla con dos muletas.*

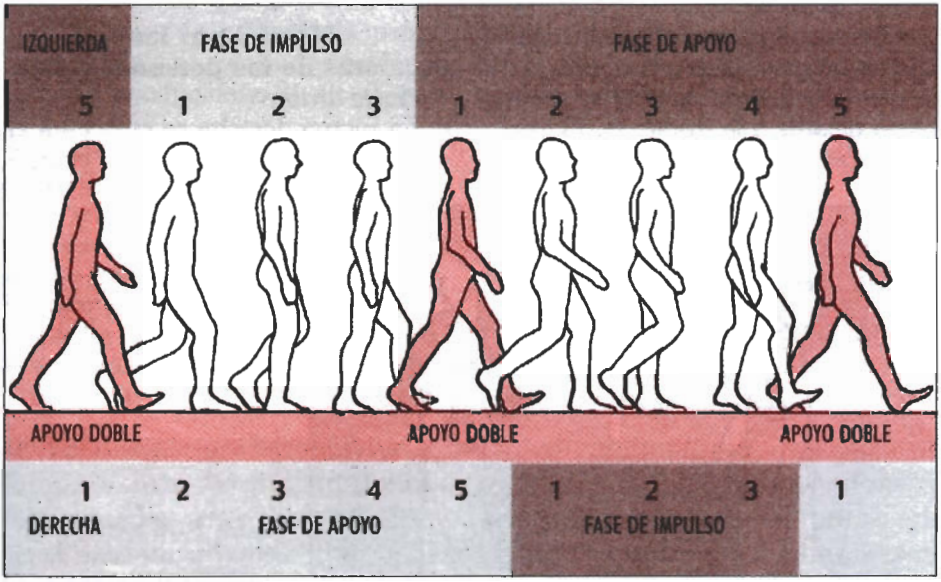
La fase de apoyo y la de impulso se alternan en una serie rítmica, donde la misma pierna actúa alternativamente como elemento de cada una de las dos fases. La aceleración del ritmo se efectúa de manera fácilmente observable con la pierna de atrás (secuencia cinco de las etapas de la fase de apoyo).

Movimiento de la pelvis

La pelvis se mueve muy poco en los planos sagital, transversal y frontal.

- En el plano transversal u horizontal la parte lateral de la pelvis de la pierna de impulso se mueve hacia delante, es decir, la pelvis gira desde la pierna de apoyo a la pierna de impulso en dirección hacia delante.
- En el plano frontal la pelvis desciende mínimamente hacia el lado de la pierna de impulso, de una forma apenas perceptible para el observador. Los músculos laterales de la cadera del lado de la pierna de impulso evitan una fuerte bajada. Ante una insuficiencia de los abductores musculares en la parte

Figura 2.65: *Forma normal de andar, fases de apoyo e impulso en el ciclo de la marcha (de Inman).*



ETAPAS DE LA FASE DE APOYO

1 Contacto con el talón
2 Contacto con la planta del pie
3 Apoyo medio
4 Despegue con el talón
5 Despegue con los dedos del pie

ETAPAS DE LA FASE DE IMPULSO

1 Aceleración
2 Impulso medio
3 Demora

lateral de la pierna de apoyo, la pelvis se asienta en la parte lateral de la pierna de impulso (signo de Trendelenburg positivo).

- En el plano sagital la pelvis se mueve un poco hacia atrás y hacia delante con respecto a la zona lumbar de la columna vertebral cifolordótica.

Movimiento del tronco y del brazo

El tronco rota con el hombro izquierdo en un movimiento contrario al de la pierna derecha, que se mueve hacia delante a la derecha. El brazo derecho oscila hacia atrás al contrario que la pierna derecha adelantada, el brazo izquierdo oscila hacia delante (Figura **2.66 a**).

El tronco rota con el hombro derecho en un movimiento contrario al de la pierna izquierda, la cual se mueve hacia delante a la izquierda. El brazo derecho oscila al contrario que el pie izquierdo adelantado y el brazo izquierdo oscila hacia atrás (Figura **2.66 b**).

Andar implica una constante pérdida y posterior recuperación del equilibrio, a través de la cual se transporta el centro de gravedad del cuerpo. Durante la fase de apoyo el centro de gravedad se lleva hacia delante, es decir, la pierna de apoyo lleva el peso del cuerpo en dirección al movimiento. La fase de apoyo y la de impulso son de distinta duración; la fase de apoyo tiene cinco etapas y la de impulso, tres etapas. Entre ambas fases está la llamada postura de "apoyo doble", en la que el peso del cuerpo se reparte entre ambas piernas.

Marcha por las escaleras de las personas sanas

Hacia arriba:

1. La pierna derecha se coloca en el primer peldaño, el peso del cuerpo

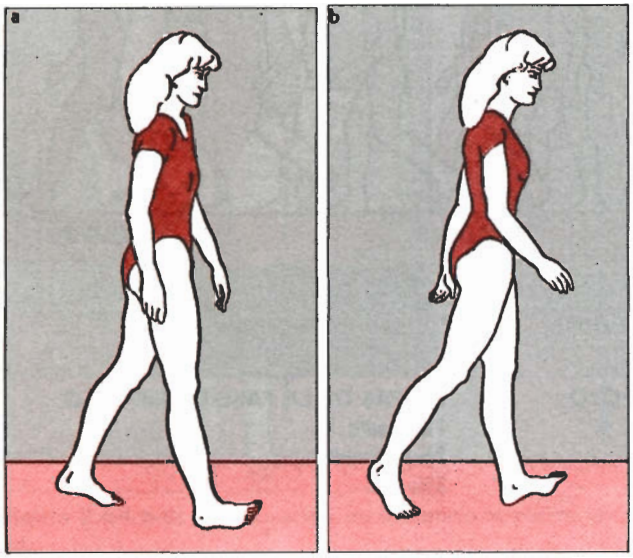


Figura 2.66 a-b: *"Apoyo doble": **a** el talón de la pierna derecha en contacto con el suelo, el de la pierna izquierda despegado; **b** contacto con el suelo del talón de la pierna izquierda, talón de la pierna derecha despegado.*

está aun apoyado en la pierna izquierda.

2. Traslado del peso hacia delante y a la pierna derecha, luego se adelanta la pierna izquierda hacia el peldaño superior, etc. (Figura **2.67 a**). Las personas con una musculatura escasa en las piernas se facilitan la subida de las escaleras inclinando el cuerpo hacia delante (Ehrenberg 1987).

Hacia abajo:

1. La pierna derecha se coloca un peldaño más abajo (peldaño 1), el peso del cuerpo está sobre la pierna izquierda.
2. Se hace la traslación del peso hacia delante y a la pierna derecha, luego se adelanta la pierna izquierda y se coloca dos peldaños más abajo (peldaño 2), etc. (Figura **2.67 b).**

Aprendizaje de la marcha con medios de apoyo

Los medios de apoyo sirven para el alivio o apoyo de las piernas y/o para asegurar el equilibrio, por ejemplo

- Barras paralelas (Figura **2.68 a**).
- Andadores (recíprocos) (Figura **2.68 b**).
- Apoyos antebraquiales (Figura **2.68 c**).
- Bastones (Figura **2.68 d**).
- Andadores móviles (Figura **2.68 e**).

Aprendizaje de la marcha con barras paralelas

Para descargar totalmente una extremidad se elige la marcha en dos tiempos (o también "la marcha a saltos").

Cuando una extremidad debe quedar parcialmente descargada o apoyada, se elige la marcha en tres tiempos.

Cuando ambas extremidades necesitan un apoyo (no es posible una descarga parcial), se elige una marcha de cuatro tiempos.

De modo parecido a los ejemplos de marcha con apoyos antebraquiales, se colocan las manos en las barras correspondientes.

Ajustar la marcha en dos tiempos (preliminares) (descargando la pierna derecha):

1. Poner delante ambas manos, con el peso apoyado en las manos (barras) hacer avanzar el cuerpo.
2. Adelantar la pierna izquierda a la misma altura de las manos (Figura **2.69**).

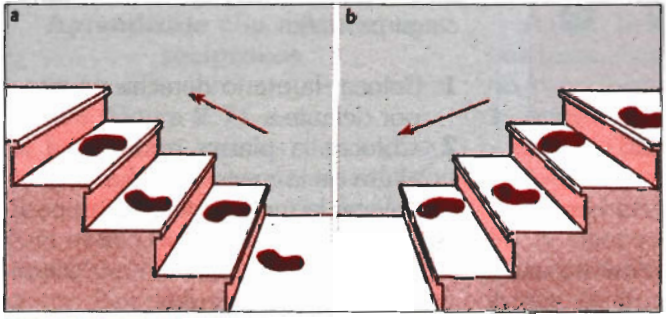


Figura 2.67 a y b: *Andar por las escaleras:* ***a*** *hacia arriba;* ***b*** *hacia abajo*

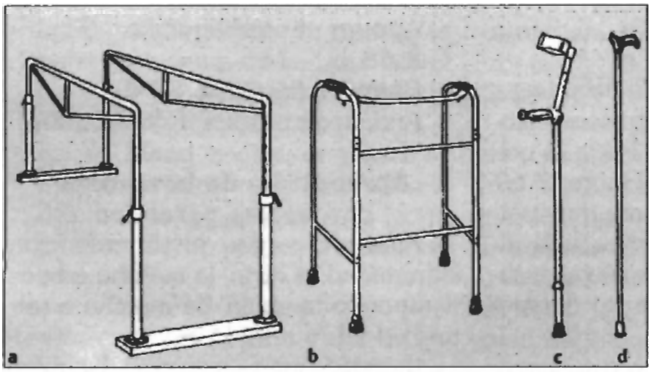


Figura 2.68 a-e: *Medios de apoyo para aprender a andar: **a** barras paralelas; **b** andador (recíproco); **c** apoyo antebraquial, **d** bastones; **e** andador móvil.*

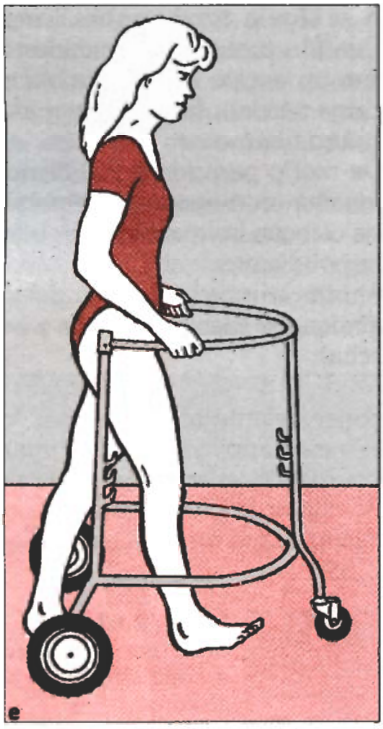


Figura 2.68 e: *Andador móvil.*

Posibilidades de incrementar el esfuerzo:

Como lo que se ha descrito anteriormente, pero colocando la pierna izquierda un paso por delante de las manos.

Ajustar la marcha en tres tiempos (preliminares) (descarga parcial o apoyo de la pierna derecha):

1. Poner delante ambas manos.
2. Colocar la pierna derecha a la altura de las manos.
3. Colocar la pierna izquierda junto a la pierna derecha.

Posibilidades de incrementar el esfuerzo:

Como lo antes descrito, pero colocando la pierna izquierda un paso por delante de la derecha.

Ajustar la marcha en cuatro tiempos (preliminares) (para el apoyo de ambas piernas, no es posible una descarga parcial):

1. Colocar la mano derecha un paso por delante,
2. Colocar la pierna izquierda a la altura de la mano derecha,
3. Colocar la mano izquierda un paso más adelante,
4. Poner la pierna derecha a la altura de la mano izquierda.

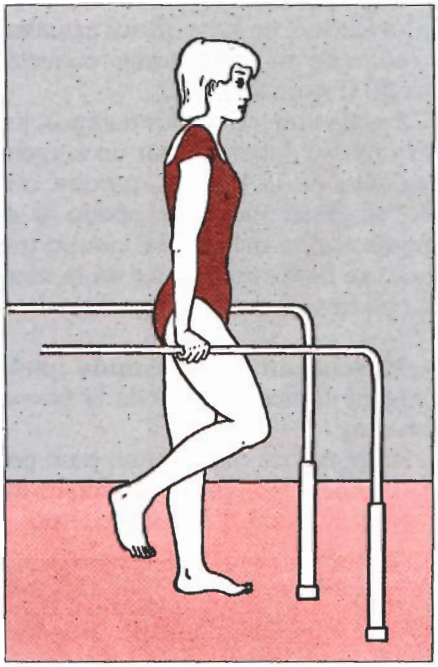


Figura 2.69

Posibilidades de aumentar el esfuerzo:

1. Poner hacia delante, al mismo tiempo, la mano derecha y la pierna izquierda.
2. Poner hacia delante, al mismo tiempo, la pierna derecha y la mano izquierda.

Aprendizaje con andadores recíprocos

Imágenes con apoyos antebraquiales (Figura **2.71 a–c**).

Las partes móviles del andador recíproco se mueven de acuerdo con lo descrito en la secuencia de figuras. Este medio de ayuda es ideal para el apoyo de ambas piernas (marcha en cuatro tiempos), pero menos idóneo para la descarga de una pierna (marcha en tres tiempos).

Aprendizaje con el andador móvil

Ajustar la marcha en dos tiempos (preliminares) (descargando la pierna derecha):

1. Adelantar el andador un paso por delante del cuerpo y, aguantando el peso del mismo con las manos (en el manillar del carro), hacer avanzar el cuerpo.
2. Apoyar la pierna izquierda.

Posibilidades de aumentar el esfuerzo:

En este caso no suele ser habitual un aumento del esfuerzo.

Ajustar la marcha en tres tiempos (preliminares) (descarga parcial o apoyo de la pierna derecha):

1. Adelantar el andador un paso por delante del cuerpo.
2. Colocar la pierna derecha un paso por delante.
3. Colocar la pierna izquierda a la altura de la derecha.

Posibilidades de aumentar el esfuerzo:

Como en el caso descrito, pero colocando la pierna izquierda un paso por delante de la derecha.

Ajustar la marcha en cuatro tiempos (para el apoyo de ambas piernas, no es posible una descarga parcial):

1. Adelantar el andador un paso por delante del cuerpo.
2. Avanzar la pierna derecha un paso por delante.
3. Adelantar el andador un paso hacia delante.
4. Avanzar la pierna izquierda un paso.

Posibilidades de aumentar el esfuerzo:

El andador se va adelantando constantemente y las piernas le siguen con fluidez una tras otra.

Aprendizaje con apoyos antebraquiales (bastones) (Figura **2.71 a–c**)

Al andar con apoyos de bastones antebraquiales nos referíamos al compás de la marcha[5]. Este está compuesto por la colocación alternativa de los pies y su apoyo en el suelo, según la pierna tenga que ser: a) totalmente descargada o b) parcialmente descargada o apoyada, se elige para a) la marcha en dos tiempos o para b) la marcha en tres tiempos. Si se tienen que apoyar ambas piernas (no es posible una descarga parcial), se elige la marcha en cuatro tiempos.

La longitud de las muletas se tiene que adaptar individualmente para cada paciente. Depende de la altura del paciente y de la longitud de sus pasos: el paciente está en posición erecta en disposición de andar, el esfuerzo se efectúa con la pierna adelantada (aquí la derecha), las articulaciones de los codos están estiradas, los hombros no están alzados; los apoyos están a los lados de los hombros junto al pie adelantado (derecho) a la altura del antepié (Figura **2.71 a**).

La fijación del antebrazo debe finalizar en el tercio superior del mismo (a menudo no se hace bien, puesto que dicha fijación, en los modelos actuales, no siempre se deja ajustar correctamente) (Figura **2.71 b**).

Para la marcha en dos tiempos, los bastones se deben ajustar un agujero más alto de lo normal, porque con ello se hace mejor el apoyo y el impulso hacia delante del cuerpo (no como se ha descrito antes en la marcha en tres y cuatro tiempos).

Marcha en dos tiempos (preliminares) (descarga total de la pierna derecha):

1. Poner ambos bastones un paso por delante, con el peso apoyado en los muletas hacer avanzar el cuerpo.

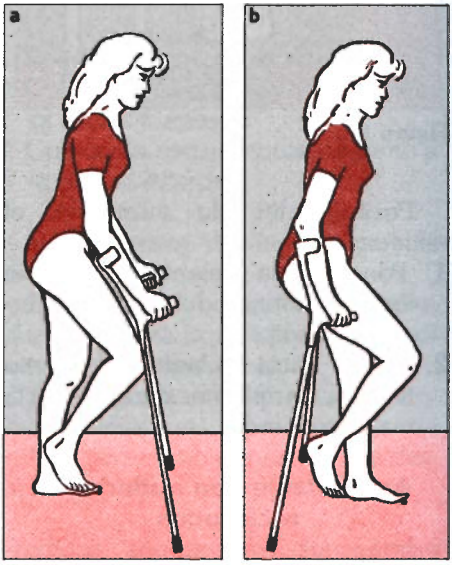


Figura 2.70 a y b: *Marcha en dos tiempos para la descarga total de una pierna. En la figura, la pierna derecha.*

[5] *Al referirse a marcha con dos, tres, cuatro pasos (Dültgen) se refiere tanto al caminar rítmico con apoyos o muletas como a la designación habitual de marcha de dos, tres y cuatro puntos.*

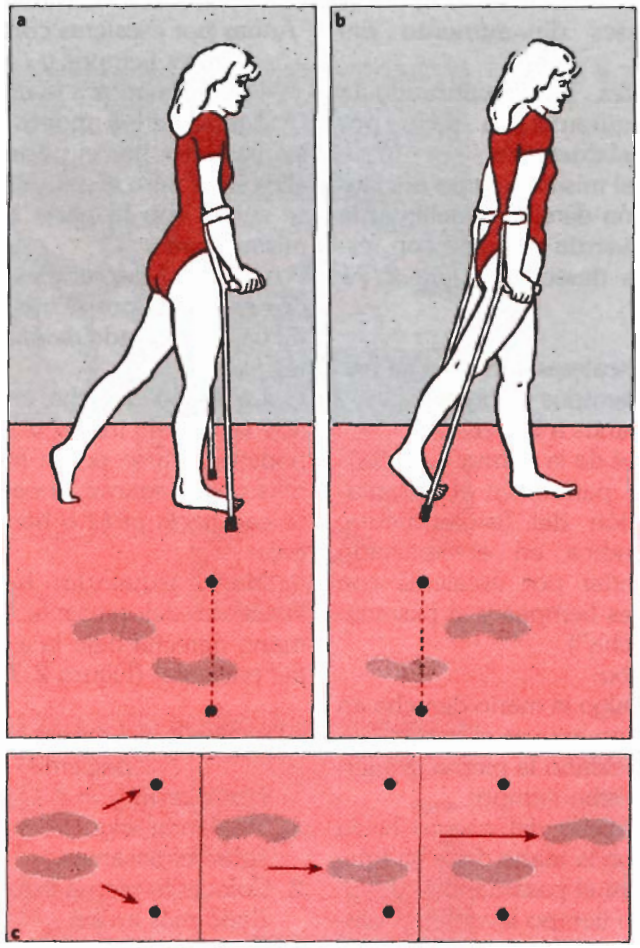


Figura 2.71 a-c: ***a*** *y* ***b*** *aprendizaje para andar en la marcha en tres tiempos con apoyo en las muletas;* ***c*** *temporalmente distendido.*

2. Colocar la pierna izquierda entre los apoyos.

Posibilidades de aumentar el esfuerzo:

Como en el caso antes descrito, pero adelantando un paso la pierna izquierda por delante de los bastones (Figura **2.70 a** y **b**).

Marcha en tres tiempos (preliminares) (para la descarga parcial o el apoyo de la pierna derecha):

1. Adelantar ambas muletas un paso por delante.

2. Avanzar la pierna derecha, de tal manera que el antepie se sitúe entre las muletas (Figura **2.71 a**).

3. Colocar la pierna izquierda junto a la derecha.

Posibilidades de aumento del esfuerzo:

a) Como antes, pero avanzando la pierna izquierda un paso por delante de la derecha.

b) Apoyar y al mismo tiempo adelantar la pierna derecha, adelantar la pierna izquierda un paso con respecto a la derecha (Figura **2.71 b**).

Andar por escaleras con marcha en dos tiempos y con el pasamanos a la derecha

(descarga total de la pierna derecha)

(Bastones, parada en el pasamanos y posición del fisioterapeuta: Según se indica en el apartado siguiente "Andar por escaleras con marcha en tres tiempos y el pasamanos a la derecha").

Hacia arriba:

1. Adelantar algo la mano derecha en el pasamano apoyar el bastón.

2. Subir un peldaño la pierna izquierda y al mismo tiempo:

a) tirar del peso del cuerpo hacia arriba con la mano derecha (que está sobre el pasamanos) y

b) al mismo tiempo levantar el bastón con la mano izquierda.

3. Colocar el bastón un peldaño más arriba, junto a la pierna izquierda.

Hacia abajo:

1. Adelantar la mano derecha en el pasamanos y apoyar.

2. Colocar el apoyo un peldaño más abajo.

3. Situar la pierna izquierda un peldaño más abajo, colocándola junto a la muleta.

Andar por escaleras con marcha en tres tiempos y con el pasamanos a la derecha

Agarre de los apoyos braquiales o los bastones por el paciente: Uno de ellos sirve para el apoyo y el segundo se sujeta con la parte inferior de la misma mano.

Posición del fisioterapeuta: Inclinado dos peldaños por detrás del paciente (al bajar: inclinado delante del paciente).

La mano derecha en el pasamanos (al bajar: mano izquierda) para poder sujetarse por sí mismo y además poder agarrar al paciente si éste se cae hacia atrás o hacia delante al bajar.

Mano izquierda: bajo la axila izquierda del paciente (al bajar: la mano derecha bajo la axila izquierda del paciente) (Figura **2.72 a** y **b**).

Desarrollo del movimiento para el paciente

Hacia arriba:

1. Adelantar algo la mano derecha sobre el pasamanos.

2. Colocar la pierna izquierda un peldaño más arriba.

3. Colocar el apoyo y la pierna derecha junto a la pierna izquierda (en el mismo peldaño), etc. (Figura **2.72 a**).

Hacia abajo:

1. Adelantar algo la mano derecha sobre el pasamanos.

2. Colocar el apoyo y la pierna derecha un peldaño más abajo.

3. Colocar la pierna izquierda junto a la derecha (en el mismo peldaño) etc. (Figura, **2.72 b**).

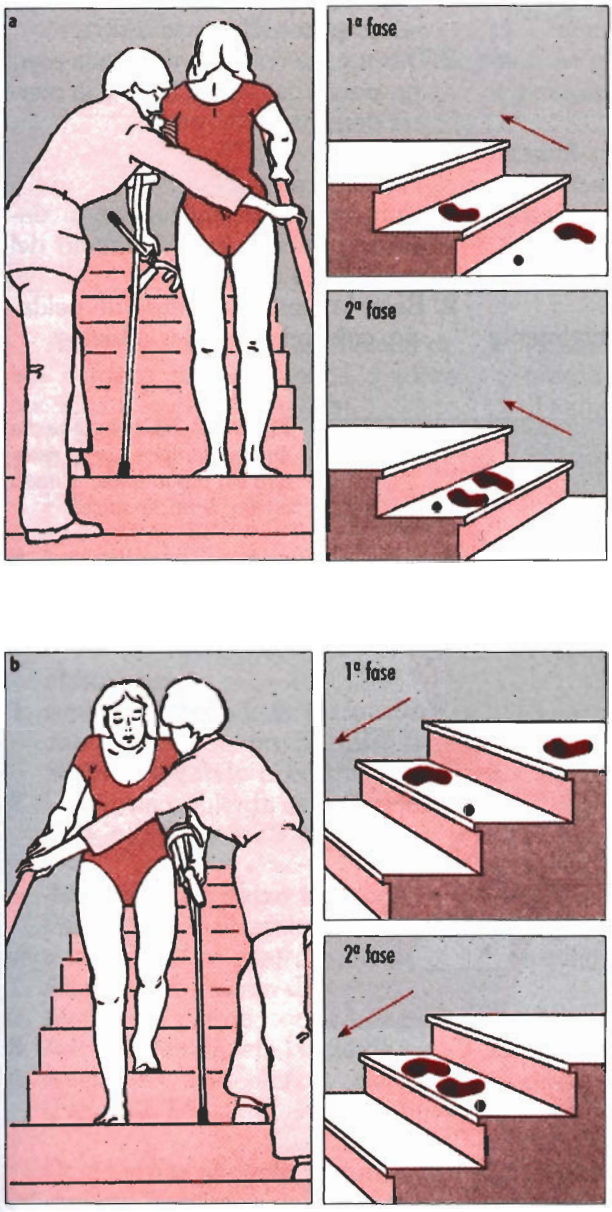


Figura 2.72 a: *Marcha en tres tiempos por la escalera con pasamanos,* ***a*** *hacia arriba;* ***b*** *hacia abajo.*

Como ayuda mnemotécnica se puede utilizar el siguiente dicho: "la sana arriba, la enferma abajo", es decir, que al subir escaleras se adelanta en primer lugar la pierna sana, y al bajarlas, la enferma.

Andar por escaleras con marcha en dos tiempos (como mucho tres peldaños) o sobre bordillos sin pasamanos
(descarga total de la pierna derecha)

Hacia arriba:

1. Dejar las muletas horizontalmente a ambos lados del cuerpo, colocar la pierna izquierda un peldaño (o sobre el bordillo) más arriba,
2. Después se colocan, junto a la pierna izquierda, las muletas y la pierna derecha.

Hacia abajo:

1. Colocar ambas muletas un peldaño más abajo (o por debajo del bordillo en la calle).
2. Bajar la pierna izquierda un peldaño, colocarla entre las muletas.

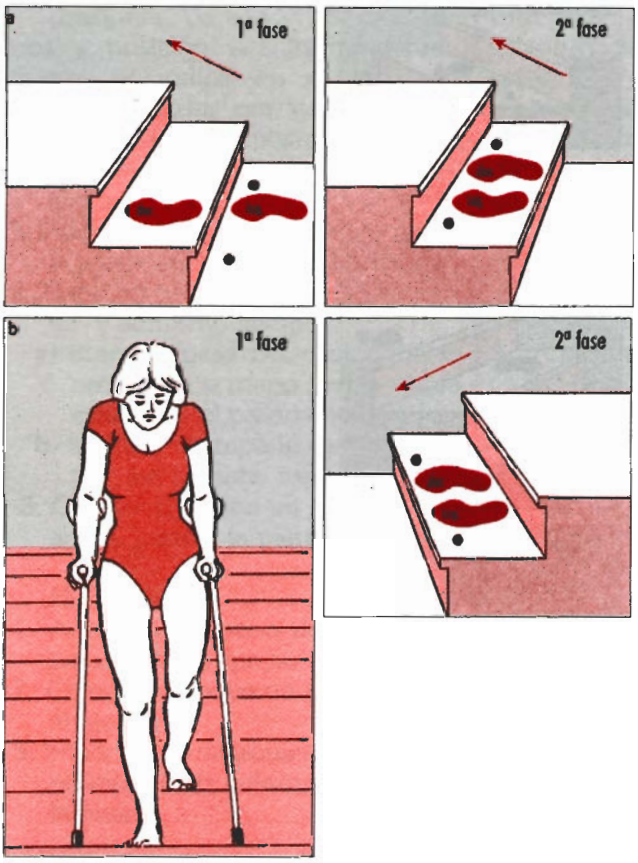


Figura 2.73 a-b: *Marcha en tres tiempos por la escalera sin pasamanos, **a** hacia arriba; **b** hacia abajo.*

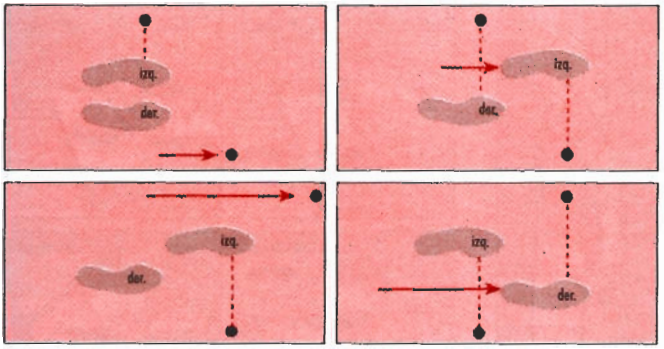


Figura 2.74 a-d:
Marcha en cuatro tiempos

Andar por escaleras en marcha de tres tiempos sin pasamanos o sobre bordillos (Figura **2.73 a** y **b)**

Hacia arriba:

1. Primero se coloca la pierna izquierda en el siguiente peldaño (o sobre el bordillo).
2. Las muletas y la pierna derecha se colocan *al lado* (en el mismo peldaño) (Figura **2.73 a**).

Hacia abajo:

1. Ambas muletas y la pierna derecha se colocan un peldaño más abajo (o bajando el bordillo),
2. La pierna izquierda se coloca justo *al lado* (Figura **2.73 b**).

Marcha en cuatro tiempos

Para el apoyo de ambas piernas se elige la marcha en cuatro tiempos:

1. Adelantar la muleta derecha.
2. Avanzar la pierna izquierda.
3. Adelantar la muleta izquierda.
4. Adelantar la pierna derecha (Figura **2.74**).

Como un incremento temporal del esfuerzo se puede:

1. Adelantar el apoyo derecho y la pierna izquierda a la vez (Figura **2.75 a**).
2. Adelantar el apoyo izquierdo y la pierna derecha al mismo tiempo (Figura **2.75 b**).

Andar por las escaleras con marcha en cuatro tiempos con pasamanos a la derecha

Posición de apoyo: Ver la marcha en tres tiempos.

Posición del fisioterapeuta: Ver la marcha en tres tiempos

Hacia arriba:

1. Adelantar la mano derecha en el pasamanos.
2. Colocar la pierna derecha en el primer peldaño.
3. Colocar el apoyo izquierdo en el segundo peldaño.
4. Colocar la pierna derecha en el segundo peldaño (junto al apoyo izquierdo) (Figura **2.76 a**).

Hacia abajo:

1. Adelantar la mano derecha en el pasamanos.
2. Apoyar la pierna izquierda un peldaño más abajo.
3. Colocar el apoyo izquierdo en el siguiente peldaño más abajo.
4. Poner la pierna derecha en el segundo peldaño (junto al apoyo izquierdo) (Figura *2.76* **b**).

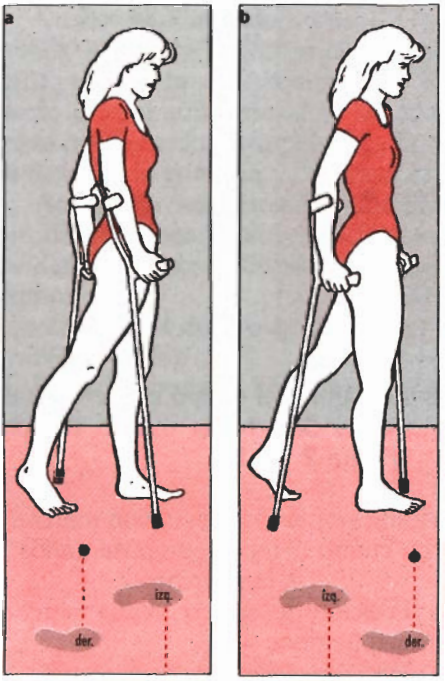


Figura 2.75 a y b: *Marcha en cuatro tiempos con un incremento temporal de la fuerza.*

Andar con marcha en cuatro tiempos en una escalera sin pasamanos o en bordillos

Hacia arriba:

1. Colocar el apoyo derecho sobre el primer peldaño.
2. Apoyar la pierna izquierda en el primer peldaño al lado.
3. Poner la muleta izquierda en el segundo peldaño.
4. Colocar la pierna derecha en el segundo peldaño al lado (Figura **2.77 a**).

Incremento temporal del esfuerzo 1./2. y 3./4. a la vez.

Hacia abajo:

1. Colocar la muleta derecha un peldaño más abajo.

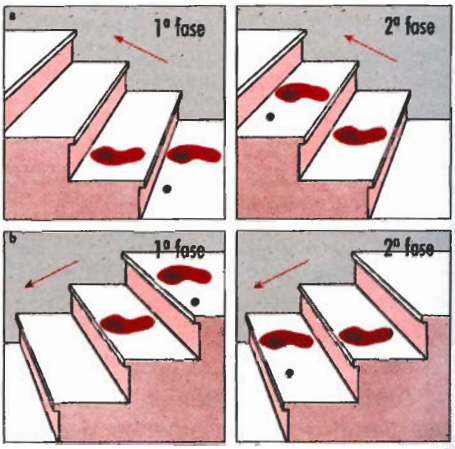


Figura 2.76 a y b: *Marcha en cuatro tiempos por la escalera con pasamanos.*

2. Poner la pierna izquierda un peldaño más abajo (junto a la muleta derecha).
3. Colocar la muleta izquierda dos peldaños más abajo.
4. Poner la pierna derecha dos peldaños más abajo (junto a la muleta izquierda) (Figura **2.77 b**).

Aumento temporal 1./2. y 3./4 a la vez.

Andar con un apoyo antebraquial

Para andar con *un* apoyo antebraquial (bastón) para la descarga (apoyo) de una pierna (aquí la derecha) se lleva el apoyo en la parte sana (mano):

1. Adelantar el apoyo (mano izquierda).
2. Avanzar la pierna derecha.
3. Adelantar la pierna izquierda (Figura **2.78 a–c**).

Aumento temporal 1./2. a la vez.

(Véanse los apartados relativos a andar por escaleras y andar por escaleras con marcha en tres tiempos.)

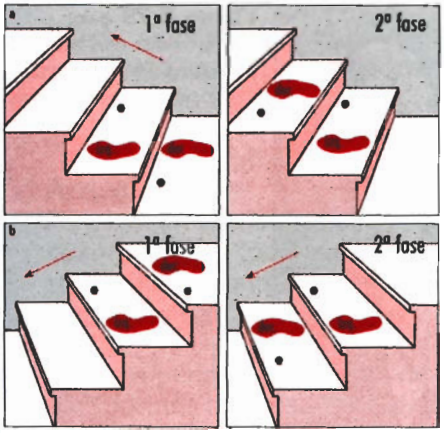


Figura 2.77 a-b: *Marcha en cuatro tiempos por una escalera sin pasamanos.*

Posibilidades de variación y de aumento de esfuerzo en el aprendizaje de la marcha

1. Suelo liso – suelo irregular (caminos de tierra, césped, adoquinado).
2. Pasos cortos – pasos largos.
3. Ritmo lento – ritmo rápido.
4. Distancias cortas – distancias largas.

El aprendizaje de las marchas descrito esquematiza sólo lo más esencial. En cada área hay que tener en cuenta los diferentes puntos de vista en relación con el diagnóstico particular de la enfermedad.

2.3.7. Técnicas pasivas

Definición: Designamos como técnicas pasivas las técnicas realizadas por el fisioterapeuta y que se dejan hacer los pacientes sin desarrollar una actividad muscular.

Diferenciamos:

- colocación,
- movimiento pasivo,
- tracción (en vez de extensión),
- agitación y masaje (estas técnicas están representadas en el tomo 6).

Posición de reposo

Definición: Se apoya el cuerpo o partes del cuerpo en determinadas posiciones, manteniéndose esas posiciones durante intervalos de tiempo que pueden oscilar desde minutos hasta horas.

Criterios en la posición de reposo en relación con:

Piel

- Mantenimiento de la alimentación (trófica) mediante posiciones que reducen el peso del cuerpo o lo redistribuyen.

Aparato locomotor:

- Impedir las limitaciones del movimiento de las articulaciones en posiciones de reposo, de funcionamiento o de extensión.
- Regulación del tono muscular.

Al mismo tiempo hay que observar que en este proceso no se lleguen a dañar, por la presión, los nervios periféricos.

Órganos internos:

- Influencia de la gravedad en el gran ciclo circulatorio.
- Expulsión de las secreciones bronquiales y redistribución sanguínea en la circulación pulmonar mediante la gravedad.

Para soportarlo es fundamental el estado anímico del paciente, esto es, tiene que estar dispuesto y cooperar.

Material para la posición de reposo: cojines, cuñas (tablillas), mantas,

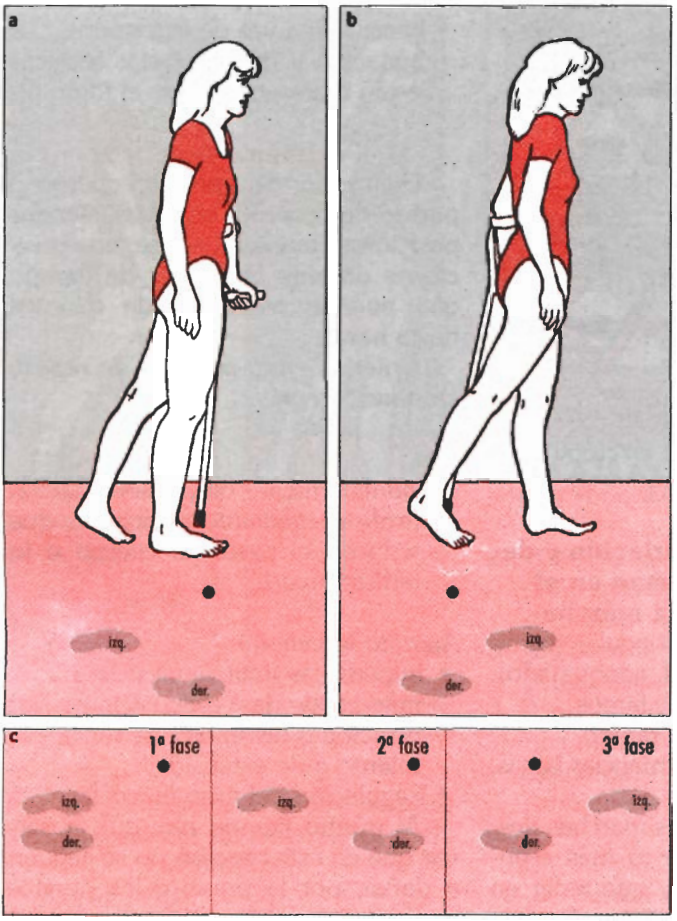


Figura 2.78 a–c: ***a*** *y* ***b*** *andar con muleta;* ***c*** *distensión temporal.*

gomaespuma, rodillos, sacos de arena, camas transformables o camillas.

Técnicas de la posición de reposo

Piel

Para la profilaxis del decúbito, es decir, para evitar una irrigación sanguínea mínima local, causada por la influencia de la resistencia del peso corporal, se realiza una "presión de disminución o de diferenciación".

Ejemplo: posición de reposo tumbado en una tablilla de gomaespuma en decúbito supino para la disminución de la presión en el talón.

Ejemplo: posición de reposo tumbado lateralmente para la variación o supresión, en decúbito supino, del peso corporal que se carga en el hueso occipital, en los omoplatos, en el sacro y en los talones. Técnica: cojines o mantas (cualquier material que

se pueda enrollar) colocados detrás de la espalda, en la pierna de arriba en una posición variable.

Aparato locomotor

a) Articulaciones

- Para mitigar los dolores en la posición de reposo (posición de reposo significa ninguna tensión de las partes blandas).

Ejemplo para la articulación de la rodilla: postura tumbada con flexión de 10 a 15 grados de flexión. Técnica: colocar un pequeño cojín debajo de la articulación de la rodilla.

- Para la utilización de las posiciones más importantes, decúbito supino en la "posición funcional".

Ejemplo para la articulación de la rodilla en la función estática: posición tumbada de la articulación de la rodilla y estirada. Técnica: decúbito supino, pequeño cojín debajo de la pantorrilla.

- Para la extensión en la musculatura hipertónica en la "posición de extensión", para disminuir la tonicidad y prevenir las contracturas.

Ejemplo para la articulación de la rodilla: decúbito con una postura de estiramiento máxima: cojín debajo de la pantorrilla, saco de arena en el muslo.

b) Músculos

- Para la disminución de la tonicidad en la posición tumbada espástica en una posición reductora de la tonicidad, es decir, en contra del modelo espástico.

Ejemplo en la contractura flexional de la cadera: posición tumbada en decúbito prono. Técnica: fijación de la pelvis mediante una faja, las piernas sobre una almohada.

Órganos internos

a) Circulación sanguínea

- Para la descongestión de los edemas de las extremidades así como para la aceleración de la velocidad disminuida en las venas, elevación de las partes del cuerpo afectadas.

Ejemplo: elevación del brazo. Técnica: tablillas debajo del brazo desde la articulación del hombro hasta las yemas de los dedos.

- Para el aumento de la corriente sanguínea en los capilares de las extremidades.

b) Aparato respiratorio

- Para la mejora del transporte de las secreciones en los bronquios en aquellos casos en que se dé una producción desmesurada de secreciones (hipersecreción), "posición de drenaje".
- Para la redistribución de la sangre de los pulmones en casos de retardo de la corriente sanguínea de secciones pulmonares basales en decúbito supino (hipostasia), cambio de la posición del cuerpo.

Ejemplo: cambio de posición entre las posiciones laterales izquierda y derecha así como entre la de sentado y tumbado. Técnica: para decúbito lateral y posición tumbada con cojines.

Movimiento pasivo

Definición: movimiento de las articulaciones efectuado por el fisioterapeuta o aparatos, sin actividad muscular del paciente.

El *movimiento pasivo* sirve sobre todo para la profilaxis de la contractura, es decir, la capacidad de deslizamiento de las articulaciones y la capacidad de tensión de las partes blandas que lo rodean deben mantenerse mediante el movimiento pasivo. Esta técnica es también una técnica de exploración para examinar la movilidad de la articulación.

El *movimiento activo* es preferible en todos los casos. Sólo donde se han dado entumecimientos, molestias de tonicidad, pérdida profunda del sentido, quemaduras profundas u otros y no es posible un movimiento total, se hace un movimiento pasivo. Como regla importante puede servir lo siguiente:

- Fijación proximal a la articulación que se va a mover.
- Acompañamiento lento del movimiento con un ligero tirón (tracción).
- Movimiento completo en todas las direcciones de la articulación.

Si la movilidad de una articulación está limitada sólo en una dirección en el movimiento de la articulación, se tiene que descubrir, mediante técnicas de exploración y también gracias a la terapia manual, la razón de esta disminución del movimiento (por ejemplo: el pericarpo, el tendón, el ligamento, los músculos, la pie) y tratarla.

El movimiento pasivo se representa en las siguientes articulaciones y direcciones de movimiento:

Articulaciones de un eje:

- Tercera falange del dedo gordo: flexión plantar – extensión dorsal.
- Primera falange del dedo pequeño: flexión plantar – extensión dorsal.
- Articulación final del dedo: flexión palmar – extensión dorsal.
- Articulación media del dedo: flexión palmar – extensión dorsal.

Articulaciones de dos ejes:

- Metatarsiano del dedo gordo del pie: flexión plantar – extensión dorsal – abducción – aducción.
- Metatarsiano del dedo gordo de la mano:reposición – oposición – abducción – aducción
- Articulación de la base del dedo: flexión palmar – extensión dorsal – aducción – abducción.
- Articulación del pie, articulación tibiotarsiana superior: flexión dorsal – extensión plantar; articulación tibiotarsiana inferior: supinación – pronación.
- Articulación de la muñeca: flexión palmar – extensión dorsal – abducción – abducción.
- Articulación de la rodilla: flexión – extensión.
- Articulación del codo: flexión – extensión – supinación – pronación

Articulaciones de tres ejes:

- Articulación de la cadera: flexión – extensión – abducción – aducción – rotación exterior – rotación interior.
- Articulación de los hombros: flexión – extensión – abducción – rotación exterior – rotación interior.

Articulación de un eje

Articulación:
Tercera falange del dedo gordo del pie (derecha).
Dirección del movimiento:
Flexión plantar – extensión dorsal.
Posición del paciente:

Decúbito supino.
Fijación:
Falange media.
Agarre para el movimiento:
Falange distal (tercera) (Figura **2.79**).

Figura 2.79

Articulación:
Articulación media del dedo pequeño PIP V (derecha).
Dirección del movimiento:
Flexión plantar – extensión dorsal.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Primera falange.
Agarre para el movimiento:
Tercera falange Figura. **2.80**).

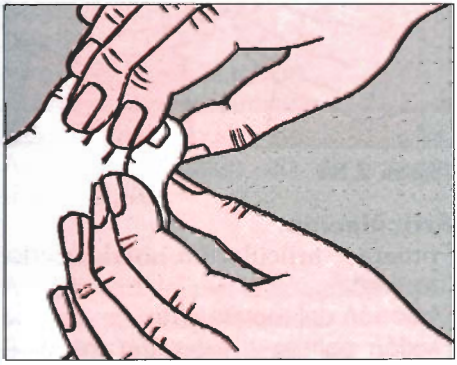


Figura 2.80

Articulación:
Articulación final del dedo (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Flexión palmar – extensión dorsal.
Posición del paciente:
Sentado en el taburete: la mano y el antebrazo reposan sobre la mesa de tratamiento, antebrazo en pronación, el dedo colgando.
Fijación:
Falange media.
Agarre para el movimiento:
Falange distal. Figura **2.81**).

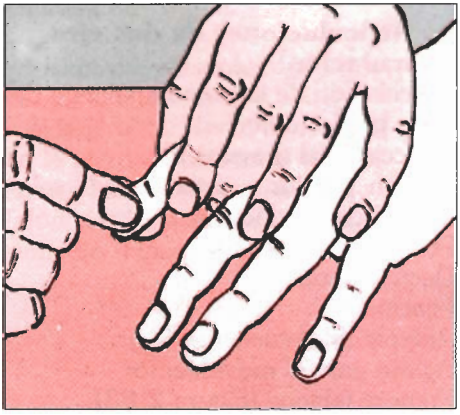


Figura 2.81

Articulación:
Articulación media del dedo (izquierdo).
Dirección del movimiento:
flexión palmar – extensión dorsal.
Posición del paciente:
Sentado en el taburete; mano y antebrazo en la mesa de tratamiento, antebrazo en pronación, dedo colgando.
Fijación:
En la primera falange.
Agarre para el movimiento:
En la segunda falange (Figura **2.82**).

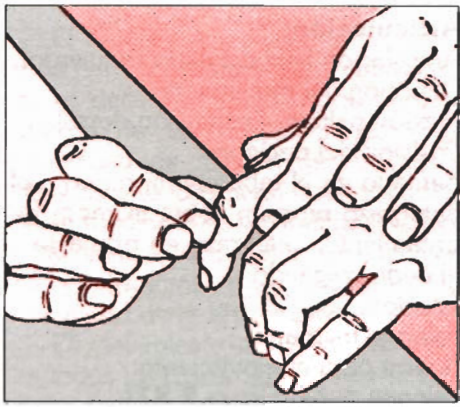


Figura 2.82

Articulaciones de dos ejes

Articulación:
Articulación de la primera falange del dedo gordo (derecha).
Dirección del movimiento:
Flexión plantar – extensión dorsal – abducción – aducción.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Antepie (Metatarsianos I-V).
Agarre para el movimiento:
Primera falange (Figura **2.83**).

Figura 2.83

Articulación:
Articulación metacarpiana del dedo gordo (izquierda).
Dirección del movimiento:
Reposición – oposición – abducción – abducción.
Posición del paciente:
Decúbito supino; articulación del codo flexionada 90°.
Fijación:
Metacarpianos II-V.
Agarre para el movimiento:
Metacarpo I (Figura **2.84 a** y **b**).

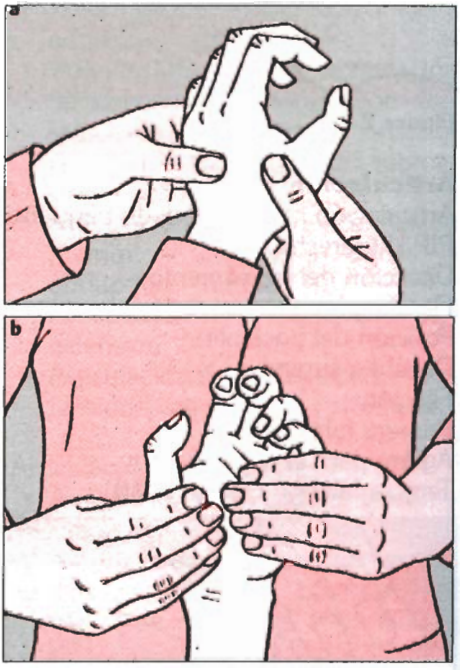


Figura 2.84

Articulación:
Primera articulación del dedo (izquierda).
Dirección del movimiento:
Flexión palmar – extensión dorsal – abducción – aducción.

Posición del paciente:
Sentado en el taburete; mano y antebrazo descansan en la mesa de tratamiento, antebrazo en pronación, dedo colgando.
Fijación:
Metacarpianos I-V.
Agarre para el movimiento:
Segunda falange (Figura **2.85**).

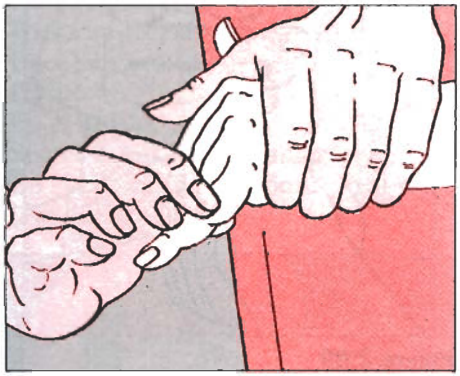


Figura 2.85

Articulación:
Articulación del pie: articulación tibiotarsiana superior (derecha).
Dirección del movimiento:
Extensión dorsal.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Pierna, próxima al tobillo
Agarre para el movimiento:
Mano: tirón (tracción) desde el talón.
Antebrazo: presión en el antepié (Figura **2.86**).

Articulación:
Articulación del pie: articulación tibiotarsiana superior (derecha).
Dirección del movimiento:
Extensión dorsal.

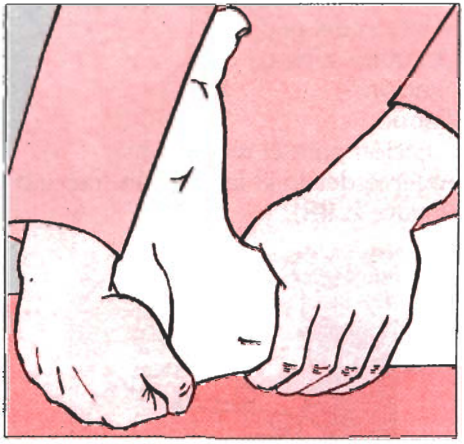


Figura 2.86

Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
En la pierna, próxima al tobillo.
Agarre para el movimiento:
Talón desde el lateral, antepié desde el medio (Figura **2.87**).

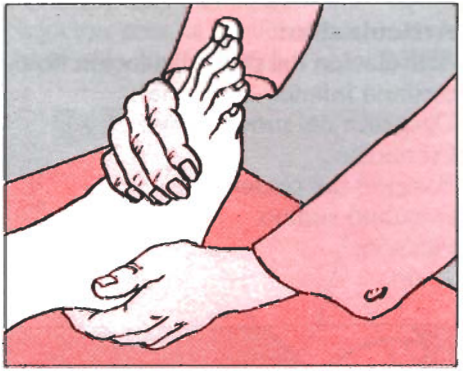


Figura 2.87

Articulación:
Articulación del pie: articulación tibiotarsiana inferior (derecha).
Dirección del movimiento:
Supinación.

Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Talón.
Sujeción para el movimiento:
Antepié desde el lateral (sin tracción) (Figura **2.88**).

Figura 2.88

Articulación:
Articulación del pie: articulación tibiotarsiana inferior (derecha).
Dirección del movimiento:
Pronación.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Talón.

Sujeción para el movimiento:
Antepié desde el lateral (sin tracción) (Figura **2.89**).

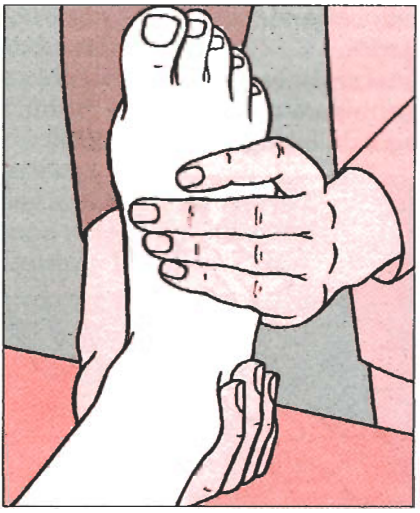


Figura 2.89

Articulación:
Articulación del pie: articulación tibiotarsiana inferior (derecho).
Dirección del movimiento:
Flexión plantar – extensión dorsal – abducción – aducción.
Posición del paciente:
Sentado en el taburete; antebrazo pronado en la mesa de tratamiento, mano colgando.

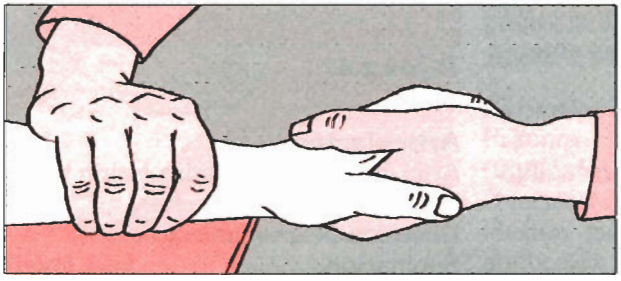


Figura 2.90

Fijación:
En el antebrazo.
Sujeción para el movimiento:
(Sujeción colgada): mano (y dedo) (Figura **2.90**).

Articulación:
Articulación de la rodilla (derecha).
Dirección del movimiento:
Flexión.
Posición del paciente:
Decúbito prono.
Fijación:
En el muslo.
Sujeción para el movimiento:
En la pierna, próxima al tobillo (Figura **2.91**).

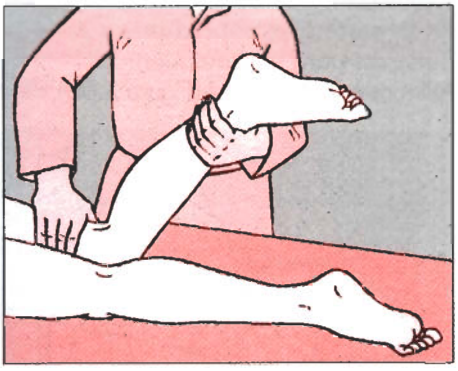


Figura 2.91

Articulación:
Articulación de la rodilla (derecha).
Dirección del movimiento:
Extensión.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
(Y al mismo tiempo presión y estiramiento): en el muslo.
Sujeción para el movimiento:
Próxima al tobillo (Figura **2.92**).

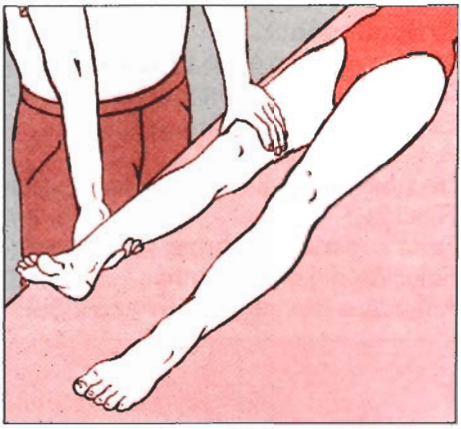


Figura 2.92

Articulación:
Articulación del codo (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Flexión.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Parte superior del brazo.
Sujeción para el movimiento:
Antebrazo (sin tracción) (Figura **2.93**).

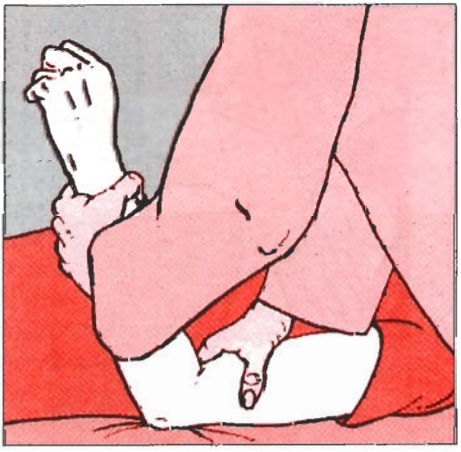


Figura 2.93

Articulación:
Articulación del codo (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Extensión.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Parte superior del brazo y hombros.
Sujeción del movimiento:
Antebrazo (sin tracción) (Figura **2.94**).

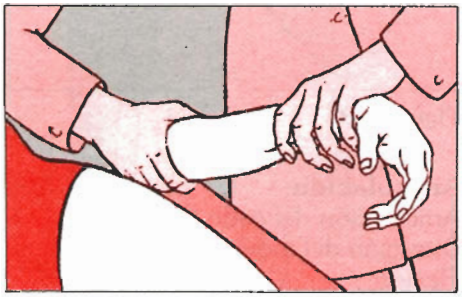


Figura 2.94

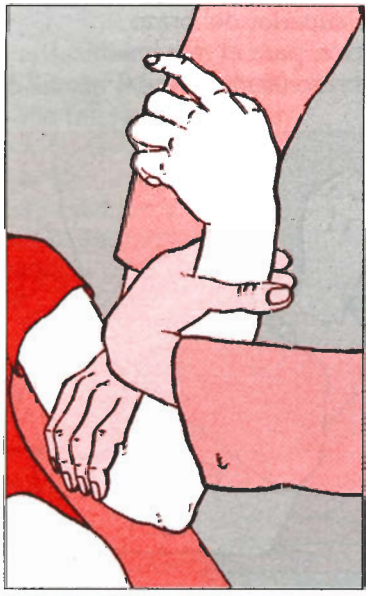


Figura 2.95

Articulación:
Articulación del codo (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Supinación.
Posición del paciente:
Decúbito supino; flexión del codo 90°.
Fijación:
Parte superior del brazo.
Sujeción del movimiento:
Antebrazo (sin tracción) (Figura **2.95**).

Articulación:
Articulación del codo (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Pronación.
Posición del paciente:
Decúbito supino; flexión del codo 90°.
Fijación:
En la parte superior del brazo.
Sujeción para el movimiento:
Antebrazo (sin tracción) (Figura **2.96**).

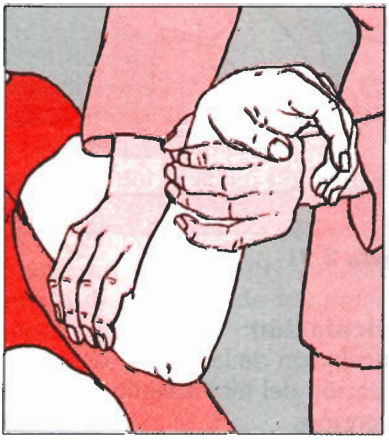


Figura 2.96

Articulaciones de tres ejes
Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Flexión.

Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Muslo izquierdo.
Sujeción para el movimiento:
Muslo derecho (sin tracción) (Figura **2.97**)

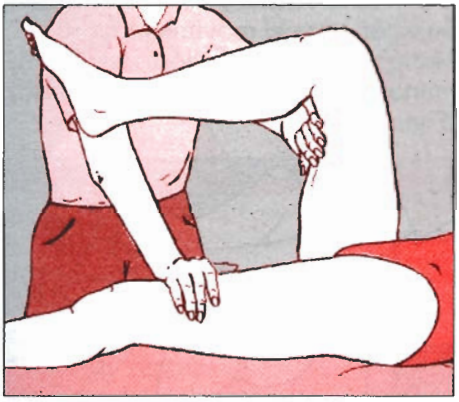


Figura 2.97

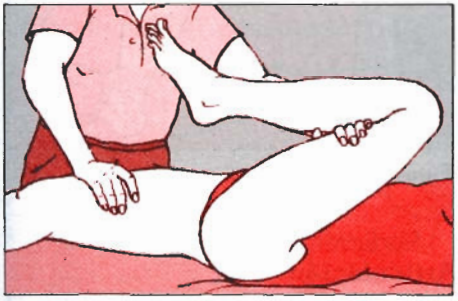


Figura 2.97 y 2.98 *Las sujeciones para ambas movilizaciones pueden ser variadas: a) cambio de mano, b) el fisioterapeuta se sitúa al otro lado del paciente (como figura en el dibujo).*

Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Extensión.
Posición del paciente:
Extensión.
Fijación:
Muslo izquierdo.
Sujeción para el movimiento:
Muslo derecho (sin tracción) (Figura **2.98**).

Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Abducción.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
Pelvis (con la mano y el antebrazo).
Sujeción para el movimiento:
Talón derecho (sin tracción) (Figura **2.99**).

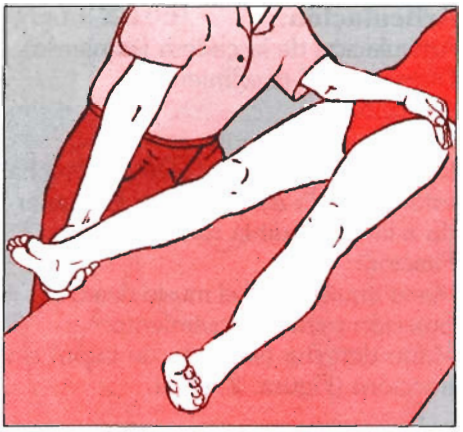


Figura 2.99

Variación:
Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Abducción.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
En la pelvis a la derecha.
Sujeción para el movimiento:
Talón derecho (sin tracción) (Figura **2.100**).

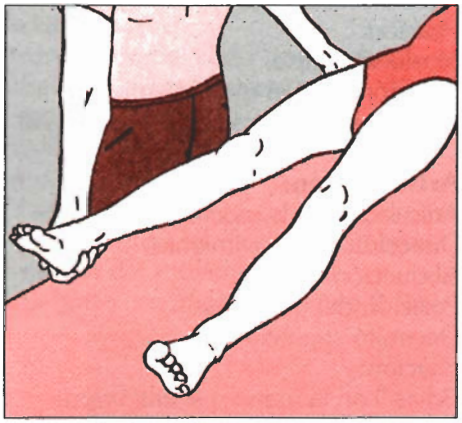


Figura 2.100:

Articulación:
Articulación de la cadera (izquierda).
Dirección del movimiento:
Aducción.
Posición del paciente:
Decúbito supino, la pierna derecha está apoyada de pie sobre la izquierda a la altura de la rodilla.
Fijación:
Mano izquierda en el muslo derecho.
Sujeción para el movimiento:
Mano derecha (sujeción de talón) sin tracción) (Figura. **2.101**).

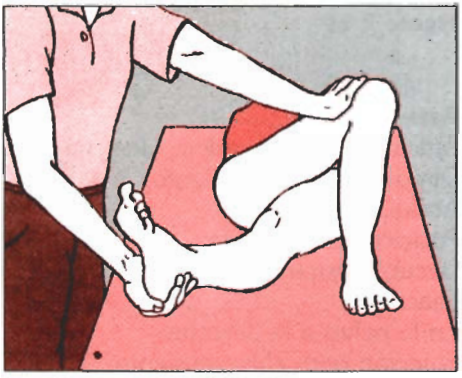


Figura 2.101:

Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Rotación externa.
Posición del paciente:
Decúbito supino, flexión de la articulación de la rodilla y de la cadera 90°.
Sujeción para el movimiento:
Mano derecha (sujeción del talón), mano izquierda (sujeción del muslo) (Figura **2.102**).

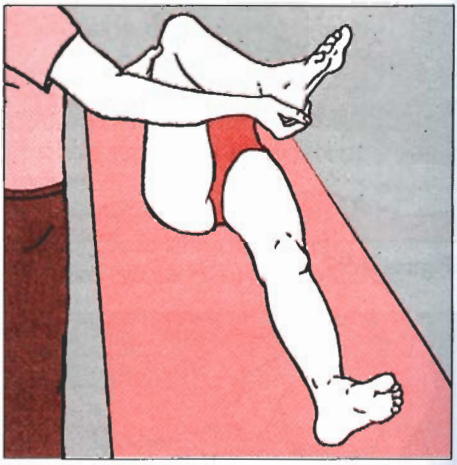


Figura 2.102:

Variación:
Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Rotación externa.
Posición del paciente:
Decúbito prono, flexión de la articulación de la rodilla 90°.
Fijación:
A la altura de los riñones a la derecha.
Sujeción para el movimiento:
Mano derecha (sujeción del talón) mano izquierda (sujeción del muslo) (Figura **2.103**).

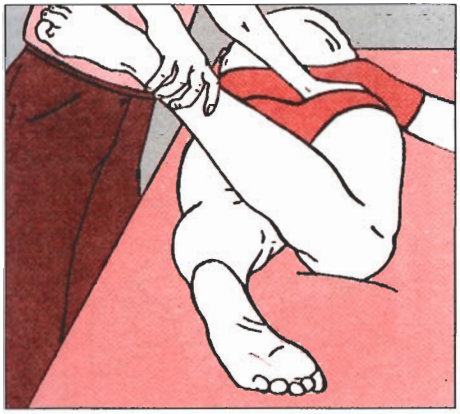


Figura 2.103

Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Rotación interna
Posición del paciente:
Decúbito supino (articulación de la rodilla y de la cadera flexión 90°).
Sujeción para el movimiento:

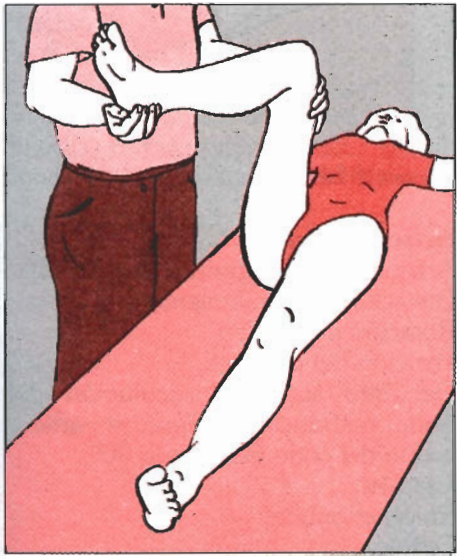


Figura 2.104

Mano derecha (sujeción del talón), mano izquierda (sujeción el muslo) (Figura **2.104**).

Variación:
Articulación:
Articulación de la cadera (derecha).
Dirección del movimiento:
Rotación interna.
Posición del paciente:
Decúbito prono; articulación de la rodilla flexión 90°.
Fijación:
A la altura de los riñones a la izquierda.
Sujeción para el movimiento:
Próxima al tobillo (sin tracciónar) (Figura **2.105**).

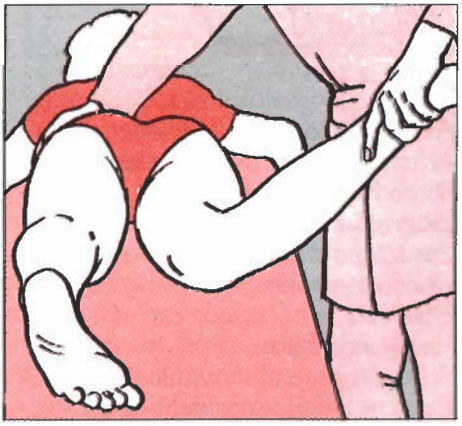


Figura 2.105

Articulación:
Articulación del hombro (izquierda).
Dirección del movimiento:
Flexión.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
En el omoplato.
Sujeción para el movimiento:
En el antebrazo (Figura **2.106**).

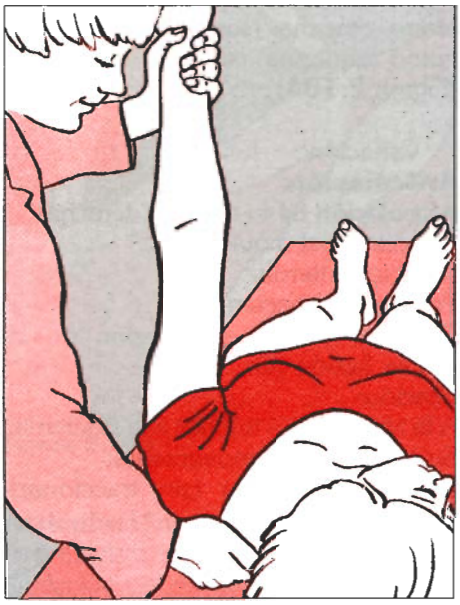


Figura 2.106

Articulación:
Articulación del hombro (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Extensión.
Posición del paciente:
Decúbito prono.
Fijación:
En el omoplato.
Sujeción para el movimiento:
En la parte superior del brazo
(Figura **2.107**)

Articulación:
Articulación del hombro (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Abducción.
Posición del paciente:
Decúbito supino.
Fijación:
En el omoplato.
Sujeción para el movimiento:
En el antebrazo (Figura **2.108**).

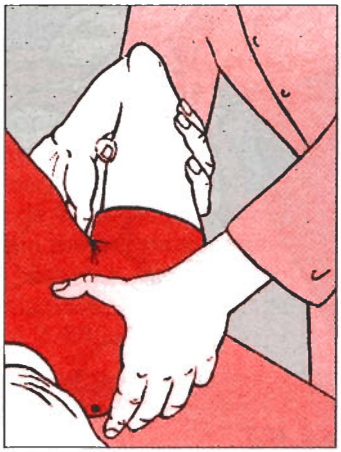


Figura 2.107

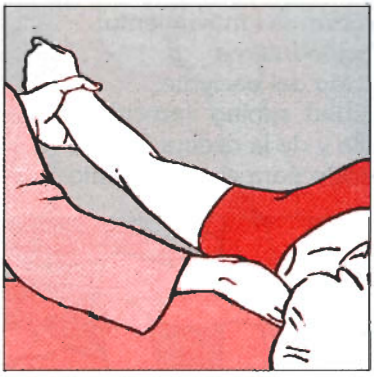


Figura 2.108

Articulación:
Articulación del hombro (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Rotación externa.
Posición del paciente:
Decúbito supino; articulación del hombro abducida 90° grados , articulación del codo flexionada 90°.
Fijación:
En el omoplato.
Estiramiento:
En la parte superior del brazo.

Sujeción para el movimiento:
En el antebrazo (Figura. **2.109**).

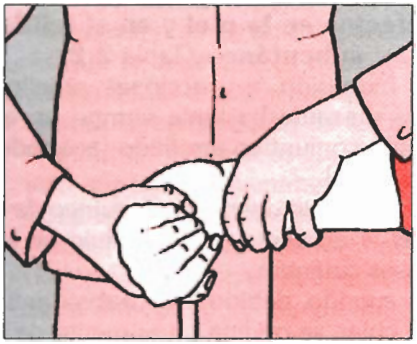


Figura 2.109

Articulación:
Articulación del hombro (izquierdo).
Dirección del movimiento:
Rotación interna.
Posición del paciente:
Decúbito supino; articulación del hombro abducida 90°, articulación del codo flexionada 90°.
Fijación:
En el omplato.
Estiramiento:
En la parte superior del brazo.
Sujeción para el movimiento:
En el antebrazo (Figura **2.110**).

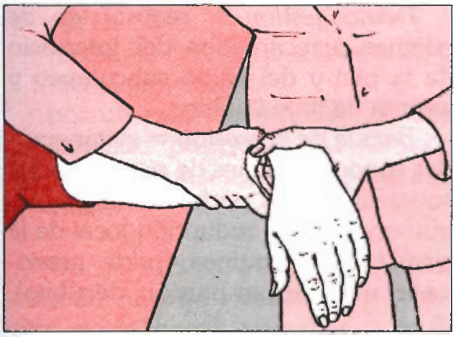


Figura 2.110

Las posturas y las técnicas de sujeción en el movimiento pasivo son variables; lo aquí representado se puede entender gracias a los ejemplos. Es decisiva la exacta fijación y la conducción lenta del movimiento hasta su terminación.

Tracción

La hasta ahora denominación habitual "extensión" no se utiliza hoy en día para evitar confusiones con la dirección del movimiento llamada "extensión".

Definición: Separación de las superficies articulares mediante un tirón.

Formas de tracción

Diferenciamos:

- tracción por el fisioterapeuta (tracción manual),
- tracción mecánica.

Tracción manual: En el casos de una fijación exacta de la articulación proximal vecina se pueden separar las superficies articulares una de otra tirando de la articulación distal vecina.

Tracción mecánica: Para la tracción de la columna vertebral hay una serie de aparatos (mesas de extensión, aparatos de tracción), los cuales, gracias a la exacta fijación de la cavidad torácica, permiten aplicar una tracción dosificada, exactamente determinada y con un objetivo específico. Con esta técnica se persigue un alargamiento de la columna vertebral para descargar la raíz del nervio, por ejemplo en el tejido de un disco intervertebral prolapsado.

2.3.8. Efectos de técnicas activas y pasivas[6]

Introducción

En el tratamiento fisioterapéutico hay que diferenciar entre los efectos corporales (físicos), esto es, las reacciones de los diferentes tejidos y órganos a los estímulos impuestos, y los efectos psíquicos (anímicos).

Para ayudar a los alumnos a que elijan las técnicas expuestas, se han definido los efectos corporales y se han representado en tablas. Los efectos psíquicos se exponen en un capítulo especial.

Efectos corporales

Se han tenido en cuenta los siguientes tejidos o sistemas orgánicos: tejido cutáneo y subcutáneo, aparato locomotor pasivo (articulación / huesos), sistema neuromuscular, vasos sanguíneos y metabolismo muscular.

La representación de los resultados tiene lugar en tablas con la siguiente gradación de los efectos:

0 = Sin efecto
\+ = Efecto débil
++ = Efecto medio
+++ = Efecto fuerte

Esta gradación no contiene una escala de valores de las técnicas, sino que sólo posibilita una valoración comparativa entre los efectos.

Las técnicas activas y pasivas expuestas en los apartados 2.3.2. a 2.3.7. se representan con excepción de "movimiento y parada" y de "aprendizaje de la marcha".

Efectos en la piel y en el tejido subcutáneo (Tabla 2.2)

Extensión = tracciones practicadas du-rante bastante tiempo en un tejido conjuntivo atrofiado (acortado) de la piel.

Aumento del riego sanguíneo de la piel = aumento y mayor flujo en los vasos cutáneos.

- cuando, debido a un trabajo muscular, se origina un aumento de la producción del calor, que tiene que ser reducida a energía calorífica superficial para el comportamiento constante de la temperatura normal del cuerpo sobre los capilares dilatados;
- cuando, debido a un aumento de la presión hidrostática en la circulación de la sangre de la arteria del muslo, se abren y se dilatan capilares cerrados;
- cuando, debido a una relajación psíquica, hay una fuerte caída de la tonicidad simpática.

Aceleración de la corriente venosa en las venas de la piel.

Descongestión = reabsorción de edemas acrecentados del intersticio de la piel y del tejido subcutáneo y mejora de flujo linfático.

Bajada de la presión = evitar grandes concentraciones de peso corporal sobre diferentes partes de la piel, lo que origina una reducción local de la circulación sanguínea (parte presionada, necrosis por presión, decúbito).

[6] *En colaboración con H. Lehman, Bayreuth, A. Hüter-Becker, Heidelberg.*

Efectos en el aparato locomotor pasivo (articulaciones y huesos)
(Tabla **2.3**)

Movilización de las articulaciones = hacer que se muevan, es decir, conservación de las articulaciones:

- mejora o recuperación de los movimientos articulares limitados; esto supone un incremento de la dimensión del movimiento,
- recuperación de la anterior movilidad, es decir, conservación de toda la dimensión del movimiento.

Estabilización de la articulación = fijación de las articulaciones mediante una tensión del músculo que tira de la articulación al mismo tiempo y con la misma fuerza.

Esfuerzo de la articulación = aumento de la presión en la articulación:

- activamente por la fuerza muscular,
- pasivamente por la acción de la gravedad,
- pasivamente por posturas extremas de las articulaciones, sobre todo en la rotación, que tensa la cápsula articular

Relajación – descarga de la articulación = disminución de la presión en la articulación:

- mediante un menor esfuerzo de la fuerza gravitatoria,
- por un esfuerzo muscular menor, evitando posiciones de rotación extrema que tensen la cápsula articular.

Conservación de la substancia ósea en caso de inactividad = inclusión de la fuerza muscular y de la fuerza de gravedad, es decir; del peso corporal (efecto admitido).

Efectos en el sistema neuromuscular
(Tabla **2.4**)

Regulación de la tonicidad del músculo = normalización de las inervaciones básicas del músculo mediante

- aumento de las inervaciones musculares reducidas, esto es, aumento de la tonicidad del músculo,
- reducción de las inervaciones básicas musculares aumentadas, es decir, reducción de la tonicidad del músculo.

Mejora de la coordinación del músculo (intra e intermuscular) = seguridad en las reacciones de equilibrio y óptimo "funcionamiento combinado" de agonistas y antagonistas o del movimiento automatizado, o de la economía del movimiento.

Aumento de la fuerza muscular = hipertrofia del músculo seguida de un aumento de la sección de cada una de las fibras musculares:

- mejora de la fuerza dinámica (fuerza del movimiento),
- mejora de la fuerza estática (fuerza en parada), pero también la resistencia estática, es decir la resistencia física en parada, que aumenta con mayor fuerza estática.

Mejora de la resistencia muscular = menor fatiga al moverse en la forma de resistencia seguida de un aumento gradual de los mecanismos de adaptación (hemodinámicos y metabólicos), que conducen a un mejor aprovechamiento de las sustancias nutritivas y del oxígeno.

Tabla 2.2: *Efectos de las técnicas fisioterapéuticas en los tejidos cutáneo y subcutáneo.*

Técnicas	Extensión	Aumento de la circulación sanguinea	Velocidad en la sangre-descongestión	Bajada de presión
Técnicas	+	0	+ con compresión*	0
Movimiento libre	+	++/+++ dependiendo de la intensidad	+++ con compresión*	0
Movimiento contra resistencia	+	++/+++ dependiendo de la intensidad	+++ con compresión*	0
Parada en porcentaje de fuerza máxima	+	+	+	0
Parada en concentración con cambio de tensión	0	++	+	0
Decúbita	+++	+++ posición baja	+++ posición elevada	+++ cambio de posición
Movimiento pasivo	++	0	+ con compresión	0
Tracción	+++	0	0	0

* Compresión a través de una unidad de presión con vendas elásticas.

Desarrollo de la observación del cuerpo y del movimiento = experiencias sensomotrices, esto es, la observación de los diferentes estados de tensión del músculo así como los componentes de espacio y tiempo del movimiento y la parada. En la práctica del deporte, la gimnasia y la fisioterapia se utilizan también los cuestionados términos "sensación del cuerpo, sensación del movimiento, conocimiento del cuerpo". Éstos indican que los practicantes, a través de sus informaciones inconscientes y conscientes del medio y del cuerpo, aprenden un comportamiento adecuado del movimiento en su vida y en una situación. En educación física y psicoterapia se habla también de "cinestesia" (Röthig 1983) o "mentalización cinestésica" (Stolze 1971). Estos precedentes están incluidos

Tabla 2.3: *Efectos de las técnicas de tratamiento fisioterapéutico en el aparato locomotor pasivo (articulaciones y huesos).*

Técnicas	Movilización de la articulación Aumento de la dimensión del movimiento	Mantenimiento de la dimensión del movimiento	Estabilidad de la articulación	Esfuerzo de la articulación	Relajación de la articulación	Conservación de la sustancia ósea (efecto admitido)
Movimiento con apoya	+	++	0	+	++	0
Movimiento libre	+	+++	++	++	+	++
Movimiento contra resistencia	++	++	+	+	0	+++
Parada en porcentaje de fuerza máxima	+++ técnicas de relajación muscular	++	+++	+++	0	+++
Parada en concentración con cambio de tensión	++	0	+++	+++	0	+++
Decúbito	++ con medios de ayuda	++	0	0	+++	0
Movimiento pasivo	++	++	0	0	++	0
Tracción	+++ y desplazamiento tradicional	++	0	+	+++	0

* Excluyendo las llamadas resistencias antagonistas.

Tabla 2.4: *Efectos de las técnicas de tratamiento fisioterapéutico en el sistema neuromuscular.*

Técnicas	Tonicidad muscular		Mejora de la coordinación muscular	Aumento de la fuerza muscular		Mejora de la resistencia muscular	Desarrollo de las percepciones del cuerpo y del movimiento
	Aum.	Dism.		Mejora de la resistencia muscular	Mejora de la fuerza de movimiento		
Movimiento con apoyo	+ tiempo corto	0	+	0	+ Antes de superación de peso propio	0	+
Movimiento libre	+	+ tiempo largo	+++	+ por contra* del Punctum fixum fixum	++ contra la gravedad	+++ en movimiento en forma de resistencia	+++
Movimiento contra resistencia	++	++	+	++ por contra** del punctum	+++	+++ en movimiento en forma de resistencia	++
Parada en porcentaje de fuerza máxima	+++ a partir del 50% durante	+++ después	0	+++ a partir de 50% de la fuerza máxima	++	0	+
Parada en concentración con cambio de tensión	+ durante	+ después	0	+ casi siempre por debajo del 50% de la fuerza máxima	+	0	+++
Decúbito	0	+++	0	0	0	0	+
Movimiento pasivo	0	+++	0	0	0	0	+ por concentración del paciente en la suspensión, es decir pérdida de la propia tensión
Tracción	+++ corto tiempo	+++ largo tiempo	0	0	0	0	0

* En el movimiento complejo libre en la forma de resistencia física.

** En el movimiento complejo contra una resistencia en la forma de resistencia física.

Tabla 2.5: *Efectos del tratamiento fisioterapéutico en el sistema cardiovascular (mecanismos de percepción reactiva).*

Técnicas	Velocidad del retorno venoso	Aumento del riego sanguíneo**		Disminución del tono simpático	Aumento del tono simpático (estabilización del riego)	Aumento del volumen minuto cardíaco (dependiendo de la intensidad del esfuerzo)
		Hiperemia reactiva	Hiperemia de trabajo			
Movimiento con apoyo	+ con compresión*	0	+	+	0	0
Movimiento libre	++ con compresión*	+	++	0	++ durante	+ hasta +++
Movimiento contra resistencia	+++ con compresión*	+++	+++	+ después corta pausa	+++ durante	+ hasta +++
Parada en porcentaje de fuerza máxima	+	+++	0	++ después corta pausa	+++ durante	+
Parada en concentración con cambio de tensión	+	++	0	++ después corta pausa	0	+
Decúbito	++ con compresión*	0	0	0	0	0
Movimiento pasivo	++ posición elevada	+++ posición baja	0	+	0	+ posición elevada de las piernas ***
Tracción	0	+	0	0	0	0

* Compresión mediate vendaje de presión con vendas elásticas.
** Dependiendo de la intensidad del esfuerzo.
*** En colapso ortostático y edemas en las piernas.

Tabla 2.6: *Efectos de las técnicas de tratamiento fisioterapéutico en los vasos sanguineos y el metabolismo muscular (mecanismos de adaptación de rendimiento creciente).*

Técnicas	Mayor duración del movimiento	Economía del esfuerzo cardíaco	Mejora de la regulación de la circulación sanguinea	Disminución del tono simpático
Movimiento con apoyo	0	0	0	0
Movimiento libre en forma de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia
Movimiento contra un obstáculo en forma de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia	+++ por debajo del límite de resistencia
Parada en porcentaje de fuerza máxima	0	0	0	0
Parada en concentración con cambio de tensión	0	0	0	0
Tumbado	0	0	0	0
Movimiento pasivo	0	0	0	0
Tracción	0	0	0	0

también en el significado fisiológico de la coordinación (para ello ver: sensibilidad somatovisceral – superficies – sensibilidad profunda). Si, a pesar de ello, se siguen utilizando estos significados en la práctica y están representados en la tabla, se tiene que resaltar especialmente la percepción sensorial en la motricidad humana. Ésta también tiene una significación para el efecto psíquico de la fisioterapia.

Efectos en el sistema cardiovascular y en el metabolismo muscular (hemodinámica y metabolismo)*

Hay que diferenciar entre los efectos que son reactivos y los que entran como mecanismos de adaptación de rendimiento gradual.

Efectos a consecuencia de mecanismos reactivos de adaptación (Tabla **2.5**)

- *Aceleración de la corriente sanguínea, descongestión* de edemas y velocidad del drenaje linfático, es decir, reabsorción del líquido tisular sobrante del intersticio.
- *Aumento del riego sanguíneo* en los músculos, es decir, *hiperemia de trabajo* y/o *hiperemia reactiva* (dependiendo de la intensidad del esfuerzo sigue una apertura de los vasos y un aumento del riego sanguíneo).
- *Disminución del tono simpático, en fases*, es decir, después de un esfuerzo dinámico fuerte y débil o de uno estático, y con una relajación psíquica simultánea (son señales distintivas la reducción, al descansar, de la frecuencia cardíaca desde unos valores altos de dicha frecuencia o presión sistólica baja en el reposo después de un valor alto).
- *Aumento del tono simpático* y *estabilización de la circulación sanguínea* en el esfuerzo ortostático, es decir, que le sigue una influencia positiva del muy deficiente estímulo simpático en el "ortostático" (signo distintivo: aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión sanguínea sistólica, es decir, sin descenso de la presión sanguínea sistólica y diastólica).
- *Aumento del volumen minuto cardíaco* dependiendo de la clase y cantidad del esfuerzo.

Los mecanismos de percepción reactiva se presentan en relación temporal directa con el estímulo del tratamiento. No motivan ningún cambio morfológico o funcional que concierna al sistema nervioso vegetativo, a la hemodinámica y el metabolismo celular (metabolismo muscular). Por eso el efecto es sólo momentáneo.

Efectos a consecuencia de mecanismos de adaptación de rendimiento creciente (Tabla **2.6**)

- Mayor *duración del movimiento*, esto es, mayor resistencia dinámica general y mayor resistencia muscular dinámica local (mejora de la capacidad aeróbia).
- *Economía del esfuerzo cardíaco* a

**En colaboración con el Prof. Dr. R. Rost, Colonia.*

consecuencia de la situación de reacción trofotropa (bradicardia de entrenamiento), es decir, el corazón trabaja con una mayor cantidad de latidos con un volumen sistólico y diastólico ampliado, menor cantidad de latidos y menor necesidad de oxígeno.

- *Disminución del tono simpático* o disminución del estímulo simpático, por ejemplo reducir la actividad simpática sobrante en el síndrome hipercinético.
- *Mejora de la capacidad de regulación de la circulación sanguínea* con el esfuerzo, es decir, buena distribución de la sangre.

Los mecanismos de adaptación de rendimiento creciente se consiguen por una utilización progresiva y sistemática de las técnicas de movimiento, de la gimnasia para enfermos. Éstas conducen a las diferencias funcionales del sistema nervioso vegetativo (vagotonía), del hemodinámico (ampliación de la duración sistólica y diastólica del corazón, buena distribución sanguínea, capilarización) y del metabolismo (comprensible variación histoquímica en la célula muscular). Estos efectos son de naturaleza persistentemente larga, aun cuando se diluyen en caso de abandono de la ejercitación o del entrenamiento.

El concepto hasta ahora utilizado en la fisioterapia de *medida para la estimulación de la circulación sanguínea* caracteriza **demasiado poco** los efectos descritos. Sólo fomenta nebulosas ideas sobre la efectividad de determinadas técnicas de regulación de la circulación sanguínea, de su rendimiento y del metabolismo muscular.

Efectos psíquicos, incluyendo efectos en el contexto psicofísico, en la relajación o distensión

El tratamiento fisioterapéutico de niños y adultos con enfermedades corporales aglutina junto a las reacciones corporales también las reacciones psíquicas. Éstas no están, en contraposición a los efectos corporales, relacionadas con la utilización de determinadas técnicas de tratamiento. Algo parecido es válido también para el tratamiento de enfermos psíquicos con o sin una sintomatología física. *Las reacciones psíquicas descansan en la integridad psicofísica de los seres humanos*, es decir, hay una relación cambiante entre procesos fisiológicos o fisiopatológicos y los precedentes psíquicos. Éstos también tienen un significado para la colaboración del enfermo o la **motivación** como rendimiento propio para el tratamiento fisioterapéutico. La motivación es un requisito imprescindible para un tratamiento con éxito que va a definir, junto a la **información verbal sobre el sentido del tratamiento fisioterapéutico** y junto a la influencia del fisioterapeuta, el efecto positivo de las técnicas de tratamiento fisioterapéutico. Si el enfermo encuentra que una técnica le sienta bien, reconoce una mejora o tiene una experiencia con éxito, se motivará suficientemente para la colaboración. El contrapunto se observará en el momento en que aparezcan efectos

terapéuticos no deseados o se produzcan fracasos.

Algunos efectos psíquicos que experimentan todos los fisioterapeutas y también los alumnos y alumnas durante la práctica están aquí expuestos, sin que esta lista tenga la pretensión de ser exhaustiva:

- experiencias de éxitos motores (también en caso de una capacidad de rendimiento corporal limitada);
- experiencia del movimiento – alegría en el movimiento;
- seguridad y confianza en uno mismo al recuperar o adquirir un movimiento cotidiano (motricidad cotidiana) y un movimiento de trabajo (motricidad del trabajo);
- incremento de la capacidad de aprendizaje en niños con problemas de desarrollo;
- reducir o desviar la angustia en situaciones de carga psíquica, por ejemplo miedo al dolor, miedo a establecer contacto con otros pacientes, miedo a la falta de respiración;
- experimentación de la tranquilidad y del sosiego en una situación relajada (distendida).

Para la *generación de una situación psicofísica relajada o distendida* en la terapia fisioterapéutica debe tomarse en consideración el creciente significado del método de la experiencia dentro de las medidas psicoterapéuticas y psicohigiénicas en la medicina curativa y preventiva. La relajación o distensión, así como los efectos arriba designados, no están relacionados con la utilización de determinadas técnicas de tratamiento, sino con un *principio*. Éste consiste en la *concentración de la conciencia en el cuerpo y en las funciones corporales:*

- al descansar en una postura, se dan las mejores requisitos para la relajación y la distensión,
- al moverse.

El mismo principio de la concentración de la conciencia en los procesos corporales y anímicos vale para la relajación o confección de una situación psicológica similar en el método de la psicoterapia y de la terapia del comportamiento, como el entrenamiento autógeno (Schultz 1987, Kleinsorge 1978, Kulessa 1981), la relajación progresiva (Vaitl 1979, Müller 1980), el método de la biorretroalimentación (*biofeedback*), esto es, "el método diagnóstico en el que el practicante recibe una respuesta acústica u óptica sobre cómo van transcurriendo en él determinados procesos" en los que se concentra (Vaitl 1979), así como las prácticas de muchos métodos de meditación del lejano oriente (yoga, meditación zen, meditación trascendental) y las técnicas gimnásticas y rítmicas que describen esta situación de relajación con el concepto de eutonía (Alexander 1978), y muchos otros métodos, que aquí no se exponen (véase *Der Mensch der Entspannung* [El hombre de la relajación], Stokvis y Wiesenhütter 1971).

La esencia de la *concentración* se puede ver en un *ejemplo claro*. Comparamos la concentración con la visión a través de un tubo, en cuyo final se ve un objeto claramente ilu-

minado (percepción óptica). Fuera del tubo todo está oscuro. El objeto iluminado destaca claramente del entorno oscuro. El ejemplo describe dos fenómenos de la concentración:

- El entorno oscuro representa la concentración de la conciencia y la consecuente capacidad de observación disminuida para todo lo que no sea el sistema nervioso o los estímulos que afectan al propio cuerpo. Éstos no son admitidos por la conciencia.
- El objeto iluminado claramente es comparable a la capacidad del organismo, mediante la elección (selección) de un antecedente o *la clara percepción de un objeto.*

La concentración de la conciencia por un lado y la percepción clara y selectiva por otro trabajan conjuntamente. No se excluyen, sino que son esenciales para el tratamiento de relajación o distensión fisioterapéutica (como para muchos métodos de actividad física). Observamos procesos corporales y psíquicos que se pueden describir muy bien sobre la base de las experiencias.

Efectos físicos

La concentración produce un decenso del nivel de excitación en el cerebro o una *disminución venosa central* relacionados con una modificación del sistema nervioso vegetativo en dirección a una *situación de reacción trofotropa (vagotónica)*. La disminución venosa central se muestra en lo siguiente:

- Una disminución de la lucidez de la conciencia se hace notar en la forma de "una disminución de la atención", lo que se reconoce en pacientes muy activos o excitables que pasan a tener movimientos mucho más lentos o que hablan menos. No se suele dar amodorramiento ni somnolencia.
- El tono muscular disminuye. Nos referimos a una tonicidad muscular normal. Los pacientes se mueven con mayor "ligereza", incluso sin dolor, pues al moverse con una inervación normal básica es necesario un menor gasto de inervación para la contracción voluntaria (Rumberger 1970). Si la tonicidad baja demasiado, los músculos reaccionan con una contracción más lenta. El movimiento, en determinadas circunstancias, se muestra pesado y fatigoso.

La situación de reacción trofotropa se muestra en lo siguiente:

- En respuestas de la circulación sanguínea, por ejemplo disminución de la frecuencia cardíaca en reposo, baja presión sanguínea sistólica (cuando ésta estaba incrementada en reposo) y piel caliente provocada por una vasodilatación periférica. En caso de sobredosificación, en pacientes con vascularidad inestable se pueden presentar síntomas de una reacción vagal reforzada (por ejemplo, malestar, mareos y eventualmente tendencia al colapso al levantarse desde la posición tumbada) o síntomas contrarreguladores de una reacción simpaticotónica reforzada (por ejemplos palpitaciones, dolor de cabeza,

temblores en los músculos o las extremidades).

El modo de respiración muestra una reducción de la frecuencia respiratoria (cuando no hay ninguna restricción importante), una transposición de acentuados movimientos respiratorios costoesternales a costoabdominales (cuando no hay ninguna obstrucción respiratoria fuerte) y una pausa al final de la espiración.

Efectos psíquicos

Los efectos psíquicos, de los cuales nos informan los pacientes, se relacionan la mayoría de las veces con los objetivos del tratamiento. Los vemos en los siguientes aspectos

- en la desaparición de la angustia, el miedo, el dolor, la intranquilidad ante el tratamiento y la preparación para situaciones de esfuerzo físico (dar a luz, situaciones postoperatorias, accesos de asma);
- en las vivencias del descanso y de la calma, que el paciente debe trasladar a su comportamiento diario;
- en la creciente capacidad de rendimiento y la frescura después del ejercicio, cuando el paciente domina la relajación o la distensión;
- en el conocimiento de sus limitadas capacidades de rendimiento, las cuales se superan después de un comportamiento adecuado (también comportamiento del movimiento) y evitando además perjuicios por un comportamiento inadecuado.

El *principio de la concentración en el cuerpo* o dirección de la atención hacia las funciones corporales se *puede emplear según diferentes técnicas.*

- En la posición de parada: con la técnica de tratamiento "parada en concentración al cambio de tensión" ya se tuvo en cuenta este principio. La experiencia demuestra que, sobre todo en los pacientes activos, se experimenta relativamente rápido la distensión muscular y las sensaciones de calma y tranquilidad al hacer el cambio de tensión y distensión muscular. La "intranquilidad psíquica" observable al principio en pacientes nerviosos a la hora de hacer la distensión se hace menos palpable después de aplicar esta técnica.

Esta técnica de tratamiento fisioterapéutico es comparable a las descripciones de los métodos de relajación descritos en la "relajación progresiva" del americano Jacobson (también relacionado con exploraciones experimentales sobre el tono muscular), es decir, una creciente distensión psicofísica. El método consta de una tensión de determinadas partes de los músculos a corto plazo en el tronco y las extremidades con un orden fijado para después relajarlos. Hoy en día es practicado como método estructurado por muchos pacientes de médicos, psicólogos y colaboradores de éstos y debido al fácil aprendizaje de la distensión (sobre todo en el área de los tratamientos de cuatro a seis semanas) es preferido al entrenamiento autógeno.

- En el *movimiento libre*: la conducción de la atención en el movi-

miento exige la adaptación interna o "entrega" del paciente, por un lado, para experimentar el movimiento en su forma y ritmo, y, por otro, para "ceder" a un principio de movimiento con una meta en el desarrollo del movimiento. Como ejemplo es ideal el desarrollo de la flexión desrita como "incorporarse desde la de decúbito supino a la posición de sentado con el tronco inclinado hacia delante". Una vez que haya empezado el desarrollo del movimiento con una flexión ventral de la columna vertebral a la altura del cuello, el paciente es instruido para que realice al mismo tiempo una flexión de las articulaciones de la rodilla y la cadera muy "suave", y ceda el resto del movimiento al efecto de flexión producido por la gravedad sobre el tronco. A través de muchas flexiones de estos u otros desarrollos de movimientos o movimientos rítmicos, es decir, una constante repetición de los mismos movimientos, el paciente aprende y practica el movimiento con tantas inervaciones musculares como sea posible. Experimenta, en el aspecto psíquico, tranquilidad e intentará aplicar también esta tranquilidad a una asimilación de la experiencia, excitándose menos en determinadas circunstancias.

- En el *movimiento pasivo* y en las *sacudidas*: el fisioterapeuta dirige la atención del paciente a la sensación de que experimente el peso de la parte del cuerpo movida por el fisioterapeuta. El paciente percibe la distensión o relajación en la renuncia "activa" de la tensión voluntaria.
- En la *percepción de los movimientos de respiración*: la localización de la conciencia a través de la concentración, es decir la conducción de la atención a los movimientos de respiración (sobre todo los movimientos abdominales), es una de las técnicas de relajación más utilizadas en el tratamiento fisioterapéutico. Sirve como técnica en el tratamiento de la respiración en la fisioterapia.

Consideraciones finales

Para una representación de los efectos de las técnicas de tratamiento fisioterapéutico hay que indicar el *encuentro personal entre el paciente y el fisioterapeuta* o relación paciente fisioterapeuta. Todavía no se ha encontrado una descripción más aproximada. Es por todos reconocida *la parte de la sugestión en el mecanismo de efecto del tratamiento fisioterapéutico*, que se observa en las relaciones interpersonales en el encuentro terapéutico. El concepto "sugestión" se debe comprender más bien en el sentido "de la influencia afectiva sobre la totalidad corporal y espiritual de los hombres" (Cherok y Langen 1968) que en el sentido de la negativa comprensión cotidiana. Pertenece a la influencia afectiva, "el prójimo y la ayuda" (Sennewald 1979), que ofrecen los fisioterapeutas al paciente, así como los sentimientos de simpatía y antipatía que desempeñan un papel en cada encuentro. La llamada "transferencia", que es conocida en la

fisioterapia, especialmente en el psicoanálisis (Spazier 1970); es decir, la aceptación o rechazo del fisioterapeuta por el paciente (la llamada transferencia negativa o positiva), tiene en el mecanismo efectivo del tratamiento fisioterapéutico un gran papel. El paciente colaborará mejor con un terapeuta que haya aceptado y la técnica será más efectiva si no existe un rechazo.

2.4. TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA ESPECIALES

2.4.1. Facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP)

Objetivos: El punto esencial de la fijación de un objetivo depende del diagnostico individual del paciente:

- Mejorar el rendimiento sensomotor
- Desorganizar el modelo patológico de movimiento.
- Alcanzar un equilibrio muscular.
- Enseñar perfeccionar del desarrollo de los movimientos con respecto a las funciones fisiológicas.
- Mejorar la fuerza y la resistencia musculares.
- Adiestrar en la coordinación.
- Practicar secuencias de movimientos funcionales con vistas a la actividad cotidiana.

Fundamentos:

General: FNP = la facilitación neuromuscular propioceptiva es un concepto tomado del inglés americano para denominar una técnica de tratamiento cuyo significado se puede traducir de la siguiente manera: Favorecer el rendimiento del sistema neuromuscular a través de la estimulación de las terminaciones propioceptoras, así como las exteroceptoras y de las teleceptoras.

A través de la estimulación de propioceptores, exteroceptores y teleceptores se realizan diversos modelos (patrones) de movimiento en diferentes posiciones iniciales, bajo la observación de los principios básicos de la FNP y atendiendo a sus criterios de aplicación. Con los diferentes objetivos pueden emplearse adicionalmente diversas técnicas especiales, pero siempre referidas a la secuencia de movimientos que son relevantes y funcionales para el paciente.

Desde el punto de vista histórico: Los modelos (patrones) de movimiento característicos de la FNP fueron desarrollados por el neurofisiólogo y médico Herman Kabat y la médico-terapeuta Margaret Knott a finales de los años 40 y principios de los 50 en el Instituto Kabat-Kaiser en Vallejo, California. En primer lugar se buscaba una terapia eficaz para los numerosos pacientes afectados de poliomielitis. A principios de 1951 Kabat y Knott presentaron, ante un numeroso auditorio, sus modelos de movimientos tridimensionales y espirales en las diferentes extremidades y partes del cuerpo. Estos modelos de movimiento, que en ingles se designan *pattern* (patrones), presentan movimientos complejos que discurren por los grupos de músculos que trabajan sinérgicamente correspondien-

tes a la disposición topográfica de los músculos, diagonal-rotatoria en las cadenas de musculares. Se desarrollaron también en contacto con las secuencias de movimientos fisiológicos como pueden observarse, por ejemplo, en el deporte.

Estos modelos o patrones se orientan a las diagonales corporales individuales del hombre y a la correspondiente vía de movimiento sobre el desplazamiento paralelo. Con ello se muestran múltiples técnicas especiales que se basan principalmente en las ideas fundamentales y los principios del neurofisiólogo sir C. Sherrington y que encuentran aplicación según la fijación de cada objetivo individual en la ejecución del modelo. En los años 50 y 60 se siguió desarrollando la FNP y se destacó el punto esencial de la FNP en técnicas para la facilitación e inhibición así como la FNP en relación con el proceso de desarrollo motor. Estas técnicas especiales se emplean todavía hoy en todos los modelos en diversas secuencias en la camilla, en la estera, en la máquina de andar o en el entrenamiento de defensa personal.

Desde 1951 los médicos deportivos de todo el mundo pueden participar en un curso, que dura de tres a seis meses, en Vallejo, en la Kaiser Foundation Rehabilitation Center (975 Sereno Drive, Vallejo, California 94589 USA) para aprender los fundamentos básicos de esta técnica, eficiente y diferente, en sus mismas fuentes, y para practicar con distintos diagnósticos. Tras la muerte de Maggie Knott el 18 de diciembre de 1978, Susan Adler continuó su trabajo. La dirección del departamento de medicina deportiva del centro de rehabilitación de Vallejo ha sido encomendada a Mrs. M.-L. Mangold.

Principios: En el empleo de la FNP en pacientes tienen especial importancia los siguientes principios básicos o ideas fundamentales:

Principios básicos especiales:

Estímulos propioceptivos:

Estiramiento (tracción): La elongación corta presenta estímulos adecuados para el huso muscular. El estiramiento se utiliza tanto para el inicio del movimiento como para favorecer el movimiento voluntario de la cadena de músculos predistendidos o como para el denominado reestiramiento de los músculos ya contraidos, a fin de mejorar la resistencia y potencia de la cadena muscular o partes de ella.

Tensión / compresión: Ambas son cualidades que se consideran adecuadas para los receptores articulares. A través de la estimulación de los receptores articulares se activan más fibras musculares y se fortalece la respuesta de movimiento. La tensión se utiliza para obtener una elongación óptima (ver estiramiento). La tensión fomenta, durante el recorrido del movimiento de la extremidad o parte del cuerpo, la contracción dinámica de la cadena muscular y también se ajusta para evitar el dolor. La compresión mejora la respuesta de los músculos en las contracciones estáticas y fomenta la estabilidad de las extremidades o secciones del cuerpo en sus correspondientes funciones (fase STB, actividades de apoyo o movimiento).

Estímulos exteroceptivos:

Tacto: Presenta las sensaciones adecuadas para los mecanorreceptores en la piel. La sensación táctil en la zona de la cadena activa de músculos produce un aumento de las contracciones. El tacto debe estar orientado a poner en práctica los movimientos y debe optimizar, a través de la resistencia y de otros estímulos adicionales, la respuesta muscular. Las técnicas del tacto proximal y distal son lumbricales y espirales. A través de la posición lumbrical de las manos del terapeuta (en forma parecida a unas pinzas) el movimiento puede ser guiado por la corredera y con ello se puede estimular mejor la rotación. El tacto se puede llevar a cabo, según la localización y la extensión de las partes blandas, más o menos superficialmente a fin de que no produzca dolor. El retorcimiento, una actividad ductora cubital o radial, mejora por una parte la dirección de los componentes rotatorios en la corredera y, por otra parte, produce un apoyo y una estabilización de la articulación del húmero y la cintura escapular (Jung).

Hielo: La aplicación de hielo acompañando al trabajo activo con la FNP tiene una gran relevancia. El hielo se aplica de las formas más variadas: en forma de hielo de larga duración con el fin de proteger las técnicas de expansión o en forma de hielo de corta duración para la intensificación de la práctica de inervación.

Estímulos teleceptivos: Entre ellos se incluye un *comando* (estímulo verbal) dado por medio del cual la respuesta muscular se intensifica o se reduce. Para la mejora de la reacción del paciente se da en primer lugar un *comando* preparatorio, es decir, que contenga instrucciones, al que le seguirá un *comando* breve destinado a impulsar la acción.

También a través de los ojos (estímulo visual) se da el papel colaborador que contribuye a la motilidad final. Esto se refiere tanto a la vista del paciente, en el movimiento de la extremidad que lo ejecuta, como a la vista del fisioterapeuta que lo trata (contacto visual).

Principios básicos generales, trascendentes

Modelo: Los modelos o patrones de movimiento de la FNP presentan las siguientes características:

- Transcurren en diagonales (en contacto con las diagonales corporales) o paralelas.
- Son tridimensionales, la rotación posee una gran importancia.
- Mueven los músculos de acción sinérgica desde la distensión óptima (ASTE) hasta la retracción óptima (ESTE).
- Según la ESTE son llamadas articulaciones proximales y presentan componentes pertenecientes a las extremidades.
- El decurso visible de la sucesión de movimientos se realiza de distal a proximal.

Resistencia óptima: La resistencia óptima para un movimiento presenta un estímulo que debe facilitar al paciente la actividad muscular.

- Puede, según el paciente y la necesidad, ser grande o pequeña, y

puede ser utilizada para las contracciones dinámicas o estáticas. Presenta las siguientes propiedades:

- reguladora del movimiento o la actividad muscular,
- comienza al principio del movimiento o de la actividad y termina al final del movimiento o de la actividad,
- tiene en cuenta todos los componentes del modelo de movimiento,
- se acomoda constantemente a las condiciones de fuerza del paciente y a las correspondientes finalidades del tratamiento.

Irradiación / Overflow: A través del empleo de la resistencia óptima para un movimiento o actividad en el patrón FNP, se llega a una irradiación, una sobreintensidad de excitación dentro de la cadena muscular desde los músculos más fuertes a los más débiles y/o a una sobreintensidad de impulsos excitantes sobre otros contiguos, también a una gran acumulación sobre partes del cuerpo o extremidades alejadas. La irradiación presenta un efecto deseable en la elección de la estructura del tratamiento. En la FNP se empieza siempre por los músculos más fuertes para proporcionar al paciente un resultado positivo (motivación a través de un "enfoque positivo"), las reacciones de los músculos sanos con las que poder comparar los músculos afectados, y para preparar a los músculos más débiles sobre el efecto de la irradiación. Este proceder también es muy apropiado cuando la extremidad afectada no se puede o debe mover; sin embargo, para esto está indicada una profilaxis de la atrofia y una estimulación de la hiperemia.

Timing – capacidad de acción muscular: Es la capacidad de acción muscular fisiológica en un movimiento que discurre de distal a proximal. El desarrollo motor discurre, sin embargo, de proximal a distal y de craneal a caudal. Si en un paciente la capacidad de acción muscular normal está afectada, se corregirá y arreglará adecuadamente en el tratamiento el desarrollo motor de proximal a distal, de craneal a caudal. La meta, pues, es recuperar de nuevo, por medio del trabajo, el *timing* fisiológico del movimiento.

Acumulación en el espacio y en el tiempo: A través del empleo de los diversos estímulos al mismo tiempo se llega a una acumulación en el espacio; a través del empleo de aquellos en un período mayor se llega a una suma en el tiempo o encarrilamiento.

La consideración de los citados principios básicos y la aplicación de los estímulos presentan la estructura principal de la facilitación en la FNP.

Para la correcta realización de los patrones en las diversas posiciones iniciales hay que tener en cuenta los siguientes criterios de aplicación:

- Posición inicial del paciente.
- Posición inicial del fisioterapeuta.
- Conducta de movimiento del terapeuta.
- Motivación del paciente para la actividad.
- Movilización de las reservas del paciente.
- Organización del tratamiento de movimientos totales para la ense-

ñanza de funciones.
- Repetición de los modelos de movimientos en diversas posiciones.
- Cambio de actividades para evitar el agotamiento.

Además de estos principios generales y criterios de aplicación, en la FNP se pueden aplicar distintas técnicas según el fin terapéutico. Aquí sólo se especifican:
- Iniciación rítmica (preparación al movimiento).
- Regresión agonista.
- Regresión dinámica.
- Regresión estabilizadora.
- Estabilización rítmica.
- Contracciones repetidas.
- Sucesión de acciones musculares acentuadas.
- Sostener–relajar.
- Contraer–expandir.

Indicaciones: La FNP se puede aplicar en numerosos campos clínicos, sobre todo en el ámbito de la neurología. Pero también se presenta como un gran valor en la ortopedia, la reumatología y la cirugía. En la medicina interna, la geriatría y la ginecología, así como en pediatría, se puede aplicar igualmente con éxito la FNP con sus respectivas finalidades.

2.4.2. Concepto Bobath para adultos
M. Peßler

Objetivo: El objetivo del concepto Bobath es la independencia funcional a través de un trabajo controlado y orientado a una meta que tiene el impedimento de modelos patológicos de movimiento.

Fundamentos: La doctora, honoris causa Berta Bobath desarrolló, tras la Segunda Guerra Mundial un concepto de tratamiento global. Lo que en esa época constituía un tratamiento revolucionario, cuyo objetivo principal era el trabajo de todos los días, es hoy algo generalizado. En un principio, la base primordial del tratamiento se refería a las zonas con falta de reflejos. El concepto se fue desarrollando y durante años el objetivo principal fue la inhibición de los modelos de movimientos y posición patológicos y de la facilitación de un movimiento normal bajo la consideración de las reacciones de posición y equilibrio así como la adaptación automática del tono muscular a la hora de variar la postura. Hoy en día ocupa un plano principal el control de los cometidos y los objetivos, es decir, la función. Se sabe que el cerebro está organizado de un modo sistemático, teniendo lugar una interacción entre los diversos sistemas como el biomecánico, el equilibrio, la percepción, etc.

Principios: Berta Bobath designó su concepto como "una gestión de 24 horas", es decir, todas las personas que tienen algo que ver con los pacientes trabajan de la misma manera. De este modo la terapia no se compone de una yuxtaposición de ejercicios, sino que se intenta que las actividades actúen sincronizadas unas detrás de otras. Para conseguir un resultado funcional, el tratamiento debe tener lugar de un modo orientado a la posición y no al movimiento,

y con maniobras diferenciadas. Debido a la diversidad de trastornos y problemas, el adulto que presenta una lesión cerebral, obtendrá una terapia siempre diferenciada. Otro principio clásico es el trabajo no verbal. Gracias a la ayuda manual del terapeuta se facilitará al paciente el movimiento. Al comienzo de la terapia esto puede significar un valor máximo de ayuda, que a lo largo de la terapia se debe ir reduciendo. El paciente debe llevar a cabo el trabajo en solitario y a veces puede que con pocas compensaciones.

Indicación: Todos los adultos con una lesión cerebral adquirida. Esto significa que la edad no es un impedimento para la rehabilitación.

2.4.3. Concepto Bobath para niños
J. Tolks

Objetivo: El objetivo es, desde una edad muy temprana, actuar contra modelos anormales de posición y movimiento para conseguir lo siguiente:

- Un tono muscular normal.
- Una preparación para unos movimientos fisiológicos que el niño debe conseguir según sean su edad y estado de desarrollo.

En los niños con discapacidades de movimiento graves, en los que no se ha dado un desarrollo fisiológico, las terapias se deben empezar lo antes posible, preparando al niño para los modelos de movimientos más importantes que necesita para su actividad diaria. Además, se debe conseguir influir de un modo propicio en los modelos patológicos de movimiento debidos a las deformidades resultantes.

Fundamento: La forma de tratamiento desarrollado por el matrimonio Bobath (véase artículo de Peßler) está hoy reconocida y se practica en los niños como un "modo de tratamiento de desarrollo neurológico". Al comienzo del tratamiento es imprescindible el establecimiento de un diagnóstico que el esbozo de la terapia amolda a cada uno de los problemas individuales del niño. Esto significa que no hay una sucesión de ejercicios determinados. La preparación de elementos fundamentales de movimiento orienta el desarrollo infantil y fisiológico. Para ello se han estudiado elementos de movimiento independientes, que describen las condiciones básicas para la obtención de hitos motores.

A todo ello pertenece el trabajo de:

- Reacciones de posición.
- Reacciones de equilibrio.
- Simulación del control de la cabeza y la parte superior del cuerpo.
- Desplazamiento del peso.
- Rotación de tronco.

Para poder practicar estos elementos de movimiento justificadamente desarrollados es necesario, como condición previa, un tono normal de posición, es decir, una hipótesis de funcionamiento normal combinado de la musculatura en el sentido de una inervación recíproca.

Principios: Para conseguir una estabilidad móvil (= tono postura) deben impedirse los modelos de movi-

miento patológicos y hay que eliminar las reacciones asociadas a través de diseños de inhibición de reflejos cuando el paciente está en activo. Las reacciones asociadas son contracciones anormales de los grupos de músculos que se extienden dentro de toda la musculatura corporal y que acompañan a los movimientos arbitrarios, en especial cuando éstos van unidos a un esfuerzo. Agravan la espasticidad y las muestras anormales en los pacientes espásticos. La inhibición va siempre acompañada de la preparación de elementos de movimientos normales, es decir, la sinergia total y anormal se interrumpe y se elaboran movimientos selectivos e independientes. El impedimento y la preparación se producen sobre los llamados puntos clave, es decir, puntos del cuerpo en los que se da un tono muscular normal y se pueden someter a una muestra refleja patológica. Los puntos claves están predominantemente proximales al cuerpo, puesto que, análogamente al desarrollo normal y específico del ser humano, los elementos de movimiento individuales se deben disponer de proximal a distal. La terapia Bobath se adecua a los datos actuales del niño y se ejecuta a lo largo de todo el día. Para el tratamiento es necesario que los padres y terapeutas (médico, fisioterapeuta, ergoterapeuta, logopeda, psicólogo, etc.) planifiquen el tratamiento y estén de acuerdo unos con otros. El tratamiento no se limita sólo a los minutos que dura el ejercicio.

Resultados: A través del *handling* (tratamiento) de los padres, a quienes pertenece la atención y el mantenimiento del niño, como puede ser el alojamiento, la alimentación, la conducta y las actividades terapéuticas con el niño, a la larga se consiguen los siguientes resultados:

- Un tono muscular normalizado, donde se pueden adoptar muestras de movimiento y posición fisiológicas.
- Desenvolvimiento de movimientos coordinados.
- Movimientos selectivos independientes.
- Una capacidad de percepción mejorada, predominantemente en el ámbito táctil y cinestésico.

Por último se llega a un desarrollo sensomotor "ideal".

Indicaciones: Todos los niños con transtorno cerebrales de movimiento en sus diversas formas típicas como, por ejemplo, espasticidad, atetosis, ataxia, hipotonía condicionada por motivos pre, peri y postnatales (deficiencias de oxígeno, hemorragias cerebrales, lesiones cerebrales traumáticas, trastornos del metabolismo etc.). También niños con otras afecciones del sistema nervioso central (cerebro o médula ósea) que conllevan alteraciones del tono muscular. La condición previa para una terapia efectiva es la conexión neuronal entre el sistema nervioso central y el periférico.

2.4.4. Reflexolocomoción según Votja
D. von Aufschnaiter

Objetivo: La supresión, así como la disminución de las lesiones neuromusculares independientemente de cuáles sean su origen y su causa. La optimización y la adaptación a las

cualidades de movimiento de los modelos de músculos *sanos* significan también:

- La normalización del tono muscular.
- La diferenciación de los juegos musculares.
- La mejora de la coordinación y la armonía del movimiento.

Fundamentos: El Doctor Vaclav Votja, neurólogo y neurólogo infantil, procedente de Checoslovaquia, ha conseguido descubrir por medios empíricos un método de tratamiento neurocinesiológico, la llamada reflexolocomoción.

El término "reflexolocomoción" expresa que de un modo reflexógeno, es decir, gracias a la excitación de determinados puntos de estímulo desde *fuera*, aparentemente en cualquier ser humano (desde un lactante a un anciano), de un modo automático y continuado y cada vez desde distintas posiciones iniciales, previsiblemente pueden ser activados movimientos globales y recíprocos, así como también se puede activar el modelo muscular.

Estos modelos vigentes de reflexolocomoción (el reflejo de arrastrarse gateando y el reflejo de darse la vuelta) se unen, como pilares de los modelos de movimiento de los niños *sanos* en el entorno de desarrollo que va desde el nacimiento hasta aproximadamente los 12/14 meses de vida. Estos niños sanos muestran el modelo *ideal* fisiológico al tumbarse, girarse, gatear, levantarse etc.; es decir, su adaptación de la posición del cuerpo está guiada por el objetivo del movimiento (Votja habla de "actividad posicional") así como sus mecanismos de establecimiento, es decir, sus actividades de afianzamiento dinámico y su motricidad orientada y en fases, son, tanto en cantidad (obtención de los "hitos" en un tiempo esperado) como en calidad, el modelo ideal del movimiento a seguir.

Principios: Desde una conocida posición inicial "antipatológica" pasiva se borrarán, a través de, entre otras cosas, estímulos propioceptivos (estimulación del periostio, tracción de los músculos, así como su combinación) en distintos puntos (zonas) del cuerpo, movimientos cuyo desarrollo dinámico es conocido hasta el detalle: Son complejos modelos de movimiento de todo el cuerpo que contienen modelos parciales determinados y definibles del desarrollo del movimiento de los niños pequeños sanos. Este modelo del primer año de vida, que también se puede definir como modelo básico ontogénico del movimiento progresivo, facilita, en primer lugar, que en las siguientes etapas de la vida de pueda aprender a:

- escribir,
- bailar,
- patinar sobre hielo,
- saltar obstáculos, etc.

Para que la terapia del modelo de reflexolocomoción se produzca de un modo más rápido y pleno, y para que aumente la aferencia (centripetismo) hacia el sistema nervioso central, y bajo la consideración de la suma de estímulos temporales y espaciales, casi todos los movimientos dinámicos se orientarán hacia la isometría, con un conocimiento exacto de la dirección de la tracción.

Con ello se conseguirá sistemáticamente, en el exterior de la mitad del cuerpo, puntos de apoyo a través de los cuales el paciente se alzará contra las dificultades (rechazándolas) tanto a la hora de estirar como al apoyar. Sin la capacidad necesaria del "cambio funcional" en la cadena muscular, no es posible que se den ni regulaciones de equilibrio ni avances.

El modelo de reflexolocomoción así como su excitación son innatos e independientes de la edad.

Esto significa que a un lactante con parálisis cerebral, justo en el momento del nacimiento se le puede "examinar" el sistema nervioso central a través del encarrilamiento de un modo fisiológico, hasta llegar a un punto en el que los síntomas clínicos de parálisis cerebral no estén señalados o todavía no se hayan fijado.

Mediante el uso repetido de la reflexolocomoción el mismo niño pone en marcha, a través de la ejecución activa del modelo, las funciones dañadas o bloqueadas de su sistema nervioso central.

Gracias a la repetición de los modelos realizados, el niño, dependiendo de su madurez cerebral, su estado mental y la capacidad de compensación del cerebro, asume las componentes de su motricidad espontánea.

Resultado: Entre otros: activación de la totalidad de los músculos esqueléticos al completo y de los efectos resultantes con respecto a:

- el esquema corporal,
- el desarrollo óseo,
- el trofismo (alimentación),
- la motricidad de la respiración y de la boca.

Es decir, se transforma completamente el comportamiento sensomotor del paciente; no es extraño encontrar explosiones de desarrollo y lenguaje.

Además, observamos con regularidad modificaciones positivas en el ámbito vegetativo y sensorial.

Indicaciones: Cualquier trastorno en el campo neuromuscular, independientemente del motivo del trastorno y la edad del paciente.

2.4.5. Técnica de Brunkow
M. Uebele

Objetivo: A través de la elaboración de un *punctum fixum* en las zonas acras (partes distales del cuerpo) y por medio de estímulos propioceptivos y exteroceptivos se incentiva la actividad de cadenas musculares definidas que actúan de un modo regulador en el enderezamiento de la parte superior del cuerpo. La calidad del progreso de las manos y los pies depende, en un contexto directo, de la calidad del enderezamiento. Para el trabajo de óptimo desarrollo de manos y pies con la técnica de Brunkow se han elaborado y automatizado modelos de posición y movimientos fisiológicos.

Fundamento: Debido a su personal experiencia con la silla de ruedas, Roswita Brunkow observó en su propio cuerpo y de un modo espontáneo los efectos de la propiocepción acra. Con ello descubrió de un modo natural las extinguidas tensiones muscula-

res que partiendo de las zonas acras englobaban todo el cuerpo, influyendo con ello en los modelos de posición y movimiento.

Con los impulsos de presión – empuje que ella misma practicó y con las técnicas de fricción desarrolló una técnica fisioterapéutica con la que se podían tratar diversidad de cuadros clínicos.

Principios: La técnica de Brunkow es un sistema de encarrilamiento. A través del moldeado de las bóvedas transversal y horizontal de las manos y pies se ofrecerá al paciente, en estas regiones del cuerpo, un modelo parcial fisiológico, el cual influirá en el enderezamiento sobre las conexiones reaferentes en el sistema nervioso central.

En primer plano de la terapia se encuentra, por lo tanto, la extensión dorsal, que trabaja gracias a la ayuda de estímulos propioceptivos (impulso de presión – empuje), exteroceptivos (técnica de fricción) y teleceptivos.

El impulso de presión – empuje sir-ve como iniciador verdadero para extraer el modelo de posición deseado. La técnica de fricción regula la sintonización exacta de las cadenas musculares que toman parte en el enderezamiento.

Durante la tensión dinámica de todo el cuerpo debe mantenerse una respiración fluida, es decir, el paciente no debe ejercer "presión". Con el progresivo éxito de la terapia el paciente debe estar en situación, de un modo independiente, de llevar a cabo un desarrollo correcto de la mano y del pie para poder solicitar y consolidar un modelo fisiológico de movimiento y de posición.

Resultados: El resultado de la técnica de Brunkow se basa en la hipótesis de que, debido a una relativamente gran representación de manos y pies en la corteza cerebrales, existen grandes posibilidades de influencia de las partidas distales sobre la motricidad total. Mediante los estímulos guiados en las extremidades se activan diagonalmente las cadenas musculares. Éstas centran sinérgicamente las articulaciones de las extremidades y producen el enderezamiento de la parte superior del cuerpo gracias a una tensión continuada. Gracias a la elaboración de puntos fijos distales se obtienen las condiciones para diferenciar las funciones musculares e integrarlas en el proceso de enderezamiento. En este contexto son trascendentales las constataciones realizadas por el fisiólogo Schäfer: "Los trastornos de posición de la parte superior del cuerpo, o de la columna vertebral, no se equilibran de un modo óptimo a través de impulsos arbitrarios o el fortalecimiento de los grupos de músculos independientes, sino a través del flujo masivo y sistemático de impulsos propioceptivos desde las extremidades". (Esta cita está extraída de Jung, R., H. D. Haenatch, P. Strater: *Physiologie des Menschen*, Tomo 12. Urban & Schwarzenberg, München 1976.)

Indicaciones:

- Pacientes con deficiencias de los modelos, tanto los de posición como los de movimiento (escoliosis, enfermedades neuromusculares, trastornos radiculares y pseudorradiculares, etc.).

- Pacientes que presentan deficiencias debido a desequilibrios musculares (tendomiosis, mialgias, enfermedades degenerativas de músculos y articulaciones, etc.).
- Pacientes con trastornos de la percepción y concentración.

2.4.6. Enseñanza funcional de movimientos de Klein-Vogelbach

R. Haarer-Becker

Objetivo: Los objetivos de la enseñanza funcional de movimientos atañen tanto a los terapeutas, que son los que trabajan con este método, como a los pacientes, que son quienes lo reciben.

Objetivos de los terapeutas:

- Observar y describir sistemáticamente los movimientos y posiciones que den como consecuencia unos resultados de estudio para la terapia.

Ejemplos: Diferencia entre movimientos en el sentido de modificaciones de la posición de las articulaciones en el interior del cuerpo y movimientos del cuerpo sobre su soporte. Características repetitivas en la conducta de movimiento para poder reunir los criterios de observación, por ejemplo para movimientos de repetición y reacciones de equilibrio.

- Elaborar objetivos de aprendizaje para los pacientes, ejercicios terapéuticos y movimientos cotidianos que concuerden con las características individuales del paciente.

Ejemplos: Ajuste del transcurso del movimiento según la constitución del paciente, según sus proporciones corporales.

- Las actividades musculares que resultan de la fuerza de gravedad reconocen al músculo como elevador, moderador, impulsor e inhibidor de caídas provocadas por el peso del cuerpo.
- Para poder analizar los cursos de los movimientos, las posiciones y las actividades de los músculos de su propio cuerpo a la hora de tratar a un paciente y la adaptación, por ejemplo, a la propia constitución mientras se pueda efectuar el movimiento.

Objetivos de los pacientes:

- Poder orientarse en su propio cuerpo. La enseñanza funcional de movimientos ofrece la posibilidad de un autocontrol gracias a su potencial de percepción para proteger su aparato motor de las cargas negativas.

Ejemplos: Las modificaciones de distancia entre dos puntos del cuerpo le permiten percibir las modificaciones los puntos articulares, la distribución del peso del cuerpo sobre un apoyo puede variar la percepción de presión.

- Poder "sustraerse a las consecuencias" del propio peso del cuerpo. ¡Moverse y detenerse significa entenderse con la fuerza de la gravedad!

Ejemplos: Poder aliviar los puntos de descarga, poder variar las cargas de elevación de los músculos.

Fundamentos: La enseñanza funcional de movimiento se orienta a un movimiento saludable del ser humano.

Este método se basa en la experiencia de años de Susanne Klein–Vogelbach y de su trabajo con estudiantes de fisioterapia y con pacientes.

La observación sistemática del movimiento y la categorización de los resultados del estudio han conducido al concepto de análisis para el terapeuta que debe encargarse de los complejos acontecimientos que concurren en el movimiento humano.

Indicación: El terapeuta puede observar y analizar el movimiento en su campo de trabajo y siguiendo los conceptos propuestos en la enseñanza funcional de movimientos.

Las *técnicas de tratamiento de la enseñanza funcional de movimientos* son posibles bajo diversos fines de sus objetivos.

En la *movilización de elevación libre de la columna vertebral* se practicarán sutiles y ligeros movimientos en los ejes verticales en aquellos pacientes en los que se hayan efectuado observaciones selectivas de partes de la columna vertebral

En la *movilización de apoyo,* las dos partes de una articulación se moverán contraponiéndose. El paciente experimenta un entrenamiento de la percepción táctil-cinesiológica que se aplicará gracias a un *masaje de movilización*. Con ello trabajarán durante el movimiento los músculos correspondientes y las capas de tejido circundantes.

Principios del tratamiento:

- Se proporcionan en la instrucción de los pacientes que poseen contenidos perceptibles.
- El terapeuta percibe constantemente, a la hora del tratamiento, el peso del cuerpo del paciente y tiene en cuenta que las reacciones de equilibrio en el sentido de contrapesos creados por él y en el sentido de que las modificaciones de las superficies de apoyo en las direcciones de movimiento horizontales (desplazamientos de peso) tengan lugar de forma prematura y que sean un componente fijo del curso del movimiento.
- El terapeuta percibe como punto clave del tratamiento la adaptación de los cursos del movimiento en los datos individuales de un paciente.

2.4.7. Terapia manual

H. Ernst

Objetivo: En la terapia manual el objetivo del tratamiento se puede clasificar en tres partes:

- Reconstrucción de la movilidad articular libre en las articulaciones afectadas.
- Armonización de las cadenas articulares de movimiento.
- Tratamiento del dolor.

Fundamento: Los orígenes de la terapia manual se remontan a diversas escuelas y corrientes de pensamiento, como por ejemplo, las escuelas Sell y Hammer y otras corrientes de pensamiento alemanas, el doctor Lewitt y otros autores de la Escuela de la Prager Schule (Escuela de Praga), de la Norweger Schule

(Escuela noruega) que, ante todo, facilitaron el proceso fisioterapéutico en este importante campo de terapia.

El último centro nombrado, así como los métodos que se comentan a continuación, estaban influidos por la corriente de pensamiento osteopática anglo-americana.

En la presentación de la terapia manual, el sustrato patológico reside en la existencia de una hipomovilidad producida por defecto de una articulación.

Exposición: Formación del llamado *bloqueo articular primario* a través de factores mecánicos (cápsula articular doblada, disco comprimido) con un fallo de control agregado. O que el *control del fallo muscular primario* llevado a cabo (dependiendo de la velocidad del movimiento) induzca un trastorno del movimiento de la articulación ("bloqueo").

Principios: El reconocimiento muy diferenciado y las percepciones diagnosticadas favorecen un tratamiento diferenciado de la estructura afectada (articulación, ligamentos, tendones, músculos). El estado del desarrollo actual diferencia entre las llamadas técnicas (de movilización) "blandas", que sobre todo se emplean para las lesiones crónicas, y las técnicas de manipulación "duras". Completan el programa las instrucciones para una autoayuda y una educación de la postura.

Resultados: El trastorno del segmento afectado provoca limitación del movimiento, trastornos del tono y tróficos de las partes blandas, y dolores.

La descompresión y el incremento de los movimientos dan como resultado una mejora del estado del metabolismo y una disminución del dolor

El alargamiento y el fortalecimiento de los músculos en conexión con los programas coordinados dan como resultado

- un equilibrio muscular fisiológico y condicionan, conjuntamente con las medidas mencionadas,
- una armonización dentro de la cadena muscular.

Indicación: Tras la exclusión eventual de alterciones patológicas a través de pruebas de laboratorio y técnicas por la imágen se pueden tratar todas las lesiones del aparato motor activo y pasivo (columna vertebral y extremidades).

Ortopedia no quirúrgica del doctor J. Cyriax

Objetivo: El objetivo primario del método de actuación, en relación con los resultados médicos y la terapia, desarrollado por James Cyriax (Londres) es la eliminación de los dolores y las limitaciones funcionales del aparato motoro (columna vertebral y extremidades).

Fundamentos: El procedimiento de Cyriax reúne los campos de acción de la neurología, la cirugía conservadora y la ortopedia, así como la reumatología, en un bloque de investigación.

Se trata de un análisis funcional esquematizado y estandarizado del aparato locomotor, incluyendo las partes blandas. El investigador controla en primer lugar la intensidad del dolor de las estructuras afectadas

dentro de su *función*: La totalidad de los resultados de la exploración de las funciones y la palpación exacta dan como resultado el planteamiento de la terapia correspondiente.

Principios: Las afecciones del aparato locomotor están sujetas a la superposición y las cargas de dolor. Gracias a diversos tests de provocación se *separan* diagnósticamente las estructuras *contráctiles* de las *no contráctiles*. Se denominan estructuras no contráctiles las cápsulas articulares, los cartílagos, los tendones etc. Esta división posibilita y facilita un diagnóstico exacto y una terapia.

Resultado: El resultado depende del modo y la localización de la afección. Así, por ejemplo, el masaje transversal de un tendón irritado calma el dolor en la movilidad normal de la articulación gracias a la manipulación de un cuerpo articular libre.

Estas y otras medidas llevan a

- la reducción del dolor,
- normalización del sistema nervioso vegetativo,
- normalización de la dimensión del movimiento.

Indicación: Tras la exclusión de las modificaciones patológicas eventuales, con este método se pueden tratar todas las molestias dolorosas y las limitaciones de movimiento del aparato motor activo y pasivo.

Métodos de tratamiento de McKenzie

Objetivo: Este método implica la movilización de la columna vertebral y, sobre todo como recomendación especial de McKenzie, la *movilización* del disco intervertebral, es decir, también del *núcleo pulposo*. La reducción del dolor y la ampliación de la movilidad se producen recíprocamente. Esto es válido tanto para los movimientos diagnósticos repetidos como para las técnicas de autotratamiento complementarias.

Fundamentos: El método tiene sus fundamentos en las corrientes de pensamiento osteopáticas anglo-americanas. En ello se basa la presentación biomecánica de que gracias a la toma de un estereotipo de posición durante largo tiempo se causa un *cambio* del *núcleo pulposo*. El cambio se puede dirigir hacia ventral (estereotipo de lordosis) o bien, principalmente, hacia dorsal (estereotipo de cifosis). Dependiendo de la carga esto puede llevar a dolores de espalda con irradiaciones periféricas. Los dolores también pueden ser causados por partes blandas acortadas (tendones, músculos) o tejidos cicatrizales (fibras de colágeno contraídas). Se considera origen del dolor a los nociceptores de los *ligamentos* así como del saco dural.

Principios: Tras un análisis exacto de los resultados se da una colocación de la columna vertebral en posiciones de corrección. Los ejercicios de movilización y estiramiento llevan a una normalización de las estructuras acortadas así como del *núcleo pulposo*. Después, estos ejercicios deben ser practicados por el paciente en su propia casa.

Resultados: Los efectos que experimenta el paciente son tanto una reducción de los dolores como su eliminación. Con ello los dolores pri-

marios *periféricos* se desplazan hacia *central* (hacia la columna vertebral) y después desaparecen totalmente.

Dentro de los segmentos afectados se llega a:

- una ampliación del movimiento,
- una reducción de los estímulos y
- un aumento del metabolismo.

Indicación: Tras la exclusión de las modificaciones patológicas se puede tratar a todos los pacientes que padezcan dolores de espalda.

Concepto Maitland

Objetivo: Restablecimiento de las dimensiones normales del movimiento de la columna vertebral y/o las articulaciones de las extremidades sobre todo a través de *movimientos pasivos*. En adelante se dará la reducción y eliminación del dolor, así como una sedación de las articulaciones.

Fundamentos: El concepto se basa en conocimientos osteopáticos y en la observación de Maitland según la cual las *limitaciones de los movimientos* se pueden dividir en *grupos*. Esta división por grupos da como resultado una forma de actuar terapéutica que se basa en que la pareja de la articulación correspondiente se mueva pasivamente con diversas fuerzas de presión. Por lo tanto el tratamiento del dolor se coloca en primer plano.

Principios: El principio básico es *la movilización pasiva de las articulaciones*. Con ello se realizan movimientos oscilantes y *rítmicos* de las partes óseas de las articulaciones, todo bajo la consideración de las diversas variaciones de limitación (aducción, abducción, flexión, extensión, rotación) y las correspondientes combinaciones.

Resultados: Se basan en una:

- Modificación del estado del metabolismo gracias a las fuerzas de tracción y presión intermitentes.
- Alargamiento de las partes capsulares y de ligamentos.
- Una influencia muscular positiva de fundamento neurofisiológico.

Indicaciones: Tras la exclusión de todos los procesos patológicos, en todos los pacientes con limitaciones de los movimientos, dolorosas o no, de la columna vertebral y el aparto locomotor.

2.4.8. Análisis funcional de Brügger
A. Bohlander

Objetivo: El objetivo fundamental del análisis funcional del doctor Alois Brügger es el análisis y la eliminación de todos los trastornos del sistema motor que evitan que se pueda adoptar una postura corporal fisiológica y erguida. De este modo se pueden eliminar los síndromes de dolor, que desgraciadamente se consideran como parte eferente (refleja) del trastorno de una función.

Fundamentos: Desde 1995 el doctor Brügger se ha ocupado de la investigación de trastornos de los movimientos con dolores. Acuñó el concepto "tendomiosis", término con el que se debe entender un dolor reflejo unido a una función en los músculos, tendones y cápsulas articulares (eferencia). Para ello se realiza-

rán reacciones de apoyo patológicas en beneficio de un tejido dañado o con amenaza de lesión (aferencia). El conocimiento de la estrecha dependencia de las partes del cuerpo individuales y la organización de los cursos del movimiento a través de vendajes de los músculos facilita un análisis diferencial.

Principios: En el transcurso del análisis funcional (evaluación) se han limitado, gracias a descontracciones diagnósticas y de un modo sistemático, los vendajes de músculos individuales a corto plazo. De este modo se han controlado estos vendajes musculares, en vista de su influencia sobre los trastornos funcionales de la columna vertebral, sobre el tronco o sobre las extremidades. Las contracturas que se han comprobado han sido objeto de terapia con la ayuda de los ejercicios correspondientes. El estado de los estímulos – músculos – tendones se ha tratado con medidas terapéuticas pasivas (por ejemplo, con los rodillos calientes o las fricciones transversales de Cyriax).

El punto central es la instrucción del paciente para lograr una postura de cuerpo erguida y un comportamiento de movimiento fisiológico.

Una consecuencia esencial de la teoría de las enfermedades funcionales y del análisis funcional es la modificación del tratamiento en la parte aferente del hecho reflejo. Con ello se facilita una terapia causal para numerosos cuadros clínicos.

Resultado: La eliminación de los factores de trastorno facilita la adopción de una postura erguida. La carga axial resultante del sistema motor reduce las tensiones de presión y las tensiones de cizallamiento. Se evitan las contracturas musculares. Pasando por la reducción de impulsos nociceptivos se llega a una regularización del sistema muscular. También los trastornos del metabolismo influyen en los músculos y los tendones.

El paciente advierte muy agradable y motivadora la creciente normalización del tono muscular y la desaparición de las molestias articulares. A través de un aprendizaje postural y del movimiento se le capacita para que pueda influir de alguna forma sobre sus molestias.

Indicaciones: Todos los pacientes con dolores en los órganos motores, tanto activos como pasivos, sobre todo si tales dolores sólo pueden ser insuficientemente justificados a través de modificaciones degenerativas.

2.4.9. Entrenamiento médico de restitución

D. Welsinsk y H. Schuhmacher

Fundamentos: El entrenamiento médico de restitución tiene como objetivo el mantenimiento y la mejora sistemática de las capacidades tanto físicas como psicológicas. Se divide en medidas y métodos que, a través de la disposición de estímulos orientados, ocasionan síntomas de adaptación morfológicos sobre el esfuerzo. La base de un control fundamentado del entrenamiento y del esfuerzo son las normativas de carga desarrolladas en la medicina del deporte y en la ciencia del deporte, tales como intensidad, alcance, duración, densidad y frecuencia, así como los

métodos y principios del entrenamiento deben orientarse, en la rehabilitación, a la tolerancia del esfuerzo, así como al tipo e importancia de los daños del tejido. Para evaluar la capacidad de entrenamiento bajo la consideración del dolor y las limitaciones de función es necesario realizar un examen intensivo.

Métodos de entrenamiento:

Movilidad: Se definirá a través de la mayor amplitud posible del movimiento de oscilación de una articulación y depende de la capacidad muscular de extensión, la elasticidad de las cápsulas, músculos, tendones y ligamentos, así como también la coordinación intra e intermuscular. Se aplicarán técnicas de movilización articular para la mejora del mecanismo de rotación y deslizamiento, y las técnicas de extensión de las partes blandas.

Coordinación: Las capacidades coordinativas se activarán a través de procesos entre los órganos de ejecución motriz, los músculos y los puntos de conexión central nerviosos, el sistema nervioso central. Se componen de:

- capacidad motriz de manejo,
- capacidad motriz de aprendizaje,
- capacidad de adaptación y mecanización motriz.

Las medidas nuerofisiológicas de entrenamiento favorecen y aceleran las capacidades del sistema neuromuscular a través de una excitación orientada gracias a estímulos cinéstesicos, vestibulares, táctiles, acústicos y ópticos, y se divide en el entrenamiento de:

- movimientos individuales, parciales o complejos,
- equilibrio y reacción,
- ritmo del movimiento,
- actos de movimientos adecuados a las situaciones.

Fuerza: La fuerza muscular se produce en diversas formas de aparición, dependiendo de los esfuerzos requeridos:

- fuerza máxima, estática / dinámica,
- duración de la fuerza,
- fuerza rápida,
- fuerza de reacción.

Los tipos de fuerza no se pueden tener en cuenta por separado, sino que todos ellos poseen una relación de dependencia unos con otros.

El entrenamiento de fuerza persigue, a grandes rasgos, dos metas distintas:

- La mejora de la coordinación intramuscular, es decir, la correcta capacidad de elección de las fibras y los fascículos musculares.
- La economía del abastecimiento y utilización de la energía muscular.

Desde estos puntos se diferenciarán métodos de entrenamiento de fuerza según los resultados de dichos entrenamientos y se emplearán en la rehabilitación en modelos divididos en escalones.

Escalón nº 1 / escalón de preentrenamiento nº 1: Activación, preparación, propiocepción, coordinación intermuscular, intensidad 10 a 30 % del esfuerzo máximo / Repeticiones 25 a 30 / series 1 a 4.

Escalón nº 2 / escalón de preentrenamiento nº 2: Entrenamiento de resistencia de la fuerza muscular, intensidad 30 a 40% del esfuerzo máximo / repeticiones 25 a 30 / series 1 a 6.

Escalón nº 3: Entrenamiento de hipertrofia muscular encaminado al aumento de las secciones transversales musculares, intensidad 40 a 70% del esfuerzo máximo / repeticiones 8 a 12 / series 3 a 8.

Escalón nº 4: Entrenamiento para la coordinación intramuscular dirigido a un aumento de la calidad neuromuscular, intensidad 70 a 100% del esfuerzo máximo / repeticiones 1 a 5 / series 3 a 8.

Escalón nº 5: Entrenamiento de fuerza reactiva y rápida para la reducción de la fase de cambio en el ciclo de extensión y acortamiento, y desarrollo de una aceleración óptima del movimiento a través de distintas combinaciones de saltos u otras técnicas, intensidad > 100% (excéntrico) del esfuerzo máximo / repeticiones 8 a 10 / series 2 a 4.

Escalón nº 6: Desarrollo de cualidades de fuerza variadas y dependiendo (o no) de las situaciones para la mejora de las capacidades individuales específicas del trabajo y del deporte / cambios en la dosificación / cambios variados en los objetivos del entrenamiento.

Resistencia: La capacidad de resistencia determina en lo esencial la capacidad de producción corporal y ayuda a mejorar la capacidad de regeneración, a acortar los tiempos la misma y a elevar la capacidad de resistencia frente al cansancio.

La resistencia se diferencia, según el lugar de actuación, en local o general (más de 1/6 de la masa muscular); según la producción de energía, en aeróbia o anaeróbia, y según la forma de trabajo, en estática o dinámica. A partir de ello se han desarrollado diversos métodos de entrenamiento:

Método de resistencia: Mejora de la resistencia básica y de los efectos biopositivos de las estructuras dañadas, intensidad de baja a media / resistencia > 30 minutos / alcance 2 a 3 (intensivo) hasta diario (extensivo).

Método interválico (extensivo): Mejora de la capacidad aeróbia, intensidad de 55 a 65% $\dot{V}O_2$ max. / resistencia 3 a 8 minutos / alcance máximo de 10 repeticiones.

Método interválico (intensivo): Mejora de la capacidad anaeróbia, intensidad 60 a 90% $\dot{V}O_2$ max. / de 30 segundos / alcance de 4 repeticiones con 4 tiempos.

Rapidez: La capacidad de desarrollo de fuerza se define a través del sistema neuromuscular, así como a través de los términos de reacción y resistencia.

Una capacidad de reacción mejorada en conexión con la capacidad de anticipación posee un elevado efecto profiláctico con respecto a las lesiones y consigue también, después de las lesiones, una condición esencial para coordinar bien las acciones de movimiento y para poder llevarlas a cabo sin miedo. El desarrollo de la rapidez, que no es sinónimo de velocidad de movimientos, hay que entrenarlo a través de una coordinación tanto intermuscular como intramuscular.

Principios de entrenamiento:

Para desarrollar las directrices prácticas para el entrenamiento y su control, el entrenamiento fisioterapéutico de restitución, en la terapia, se debe apoyar en principios básicos de entrenamiento:

1. *Principio de la relación óptima de esfuerzo y recuperación*: En la terapia hay que dar preferencia a las medidas de entrenamiento en el campo aeróbio. Las situaciones de metabolismo de acidez elevada representarán, a partir de ahora, una contraindicación para las medidas de entrenamiento en la terapia.
2. *Principio del aumento progresivo del esfuerzo:* Adaptación de la normativa de esfuerzo sobre el nivel de capacidad recientemente adquirido.
3. *Principio del esfuerzo variado:* Para la prevención de una monotonía psicofisiológica en el entrenamiento, se deben variar regularmente las estructuras, los métodos y los contenidos del esfuerzo.
4. *Principio de la repetición y la continuidad:* La base de la estabilidad de la capacidad es la continuidad y la repetición de estímulos adecuados con un encauzamiento de la homeostasis dirigida a la supercompensación.
5. *Principio de la periodicidad:* Planificación y organización de las estructuras de esfuerzo, de modo que el proceso anabólico sirva de preparación y de apoyo. El macrociclo contiene el proceso de rehabilitación completo, mientras que el mesociclo contiene las fases de dicha rehabilitación (por ejemplo, los esfuerzos parciales y totales) y el microciclo contiene la semana de terapia, así como las unidades de terapia.
6. *Principio conforme a la edad y la individualidad:* En el marco de una rehabilitación completa se deben considerar los modelos de movimiento principal del paciente con relación a su esfuerzo individual en el tiempo libre, el trabajo o el deporte.
7. *Principio del resultado cambiante regulado:* Un desarrollo sucesivo y simultáneo de la capacidad de todos los campos de acción que toman parte influye a modo de preparación o también de impedimento.

Advertencias para una restitución de entrenamiento

- Cada entrenamiento debe estar introducido por un programa de calentamiento.
- Al comenzar la rehabilitación hay que realizar esfuerzos pequeños e ir aumentando en las repeticiones.
- La duración y la frecuencia del entrenamiento deben adaptarse al estado de la capacidad y el objetivo de la terapia.
- Un entrenamiento de esfuerzo debe ir siempre combinado con un entrenamiento de resistencia.
- Realizar movimientos exactos al emplear los aparatos.
- Elaborar terapias y entrenamientos a largo plazo.
- Tener en cuenta el cansancio psicofísico.

Indicación: El momento para el empleo del entrenamiento como forma de tratamiento depende, ante todo, de la tolerancia al esfuerzo de los tejidos dañados o lesionados. Las estructuras dañadas se deben cargar sólo por debajo del umbral del dolor. Las estructuras no dañadas deben ser entrenadas del modo más activo posible para que consigan sus capacidades plenas.

2.4.10. Mesa de suspensión
U. Michaels

La mesa de suspensión es un método fijo o de techo muy corriente y utilizado en fisioterapia. Por medio de unas poleas, que trabajan siguiendo un principio de poleas, se colgarán, en cabestrillos, determinadas partes del cuerpo y, gracias a ello, se descargarán.

Objetivos del tratamiento:

- *Alivio de la responsabilidad del terapeuta en la protección de la articulación:* El sistema de poleas sirve para levantar el peso de la parte del cuerpo suspendida, de modo que no haya que realizar un trabajo de elevación. El fisioterapeuta ahorra energía. Puede utilizar libremente las dos manos.
- *Alivio del dolor:* A través de la elevación del peso, el paciente no necesita realizar ningún trabajo (igual al producto de la fuerza por el espacio recorrido) contra la fuerza de la gravedad (trabajo de elevación). El alivio experimentado por el descargo de peso que supone el "estado de suspensión" provoca, a menudo una relajación y, por ello, un alivio del dolor. Por otro lado, este estado favorece la disponibilidad de movimiento y otorga autoconfianza al paciente.
- *Relajación del paciente:* Gracias a la investigación de las superficies de soporte y del peso de la parte del cuerpo colgada, la relajación y la disponibilidad de percepción se convertirán en el punto clave del tratamiento. De igual modo se implantarán las diversas técnicas que se basan en los principios de esfuerzo y relajación.
- *Motivación del paciente:* Debido a los dolores en los movimientos, disminuye el radio de actividad. La descarga favorece la motivación de un movimiento independiente e impide problemas derivados (limitaciones articulares, atrofia de músculos y otros.).
- *Restablecimiento de las funciones articulares:* Las articulaciones colgadas, descargadas y libres de dolores se movilizarán utilizando técnicas específicas. Las técnicas de movilización deben ampliar la amplitud del movimiento. Con ello se reduce la ayuda del terapeuta a la vez que aumenta la actividad del paciente.
- *Favorecimiento de la fuerza muscular:* En muchos casos el paciente no tiene suficiente fuerza muscular para mantenerse contra la fuerza de la gravedad (examen de función muscular escalón de test 3 = 50 % de fuerza). El equilibrio entre la capacidad de esfuerzo y la capacidad máxima de carga se acopla, gracias a la mesa

de suspensión, a las capacidades individuales del paciente. Sólo se puede normalizar con el empleo de técnicas específicas.

Fundamento: La condición previa para un movimiento descargado y de elevación libre en la mesa de suspensión es la disminución de peso de partes del cuerpo. Esto se asegura gracias a los *cabestrillos* que se fijan a las poleas. Los cabestrillos están hechos con un material resistente de tela de algodón dotado con corchetes metálicos en los laterales. La dimensión del cabestrillo varía según sean el peso y la superficie de la parte del cuerpo que se va a tratar. Para las extremidades existen cabestrillos largos de anchura variable, así como formas triangulares. Los cabestrillos para la pelvis, para la caja torácica y para la cabeza descargan las regiones de la parte superior del cuerpo.

Los pesos del cuerpo se mueven en el cabestrillo, arriba y abajo, a través de *poleas*. También aquí se dan variantes según sea el peso de la parte del cuerpo que se va a colgar.

Para pesos pequeños existen *poleas simples*. Éstas se componen de una soga, un taco de madera que permite terminar a la soga en uno o dos finales y dos ganchos de mosquetón en los finales de la soga. Uno de ellos se cuelga en la parte superior de la mesa de suspensión y el otro está unido al cabestrillo. La polea se alza a través del fijador, elevándose con ello la parte del cuerpo. Un nudo debajo del fijador fija la posición y permite, a través de la tensión, la posición elevada hacia el terapeuta, lo que a veces es más sencillo. Para volver a bajarlo el procedimiento se lleva a cabo de forma inversa.

Las poleas son aptas para el ahorro y cuidado de las propias reservas de energía a la hora de elevar las partes del cuerpo más pesadas y proximales. Gracias a un rodillo con un final de polea doble el terapeuta ahorra casi un 30% de su fuerza. El esfuerzo de descarga es mucho mayor cuando, en lugar de un rodillo, se dispone de dos.

Principios: En la mesa de suspensión se consiguen movimientos de un solo eje en partes del cuerpo. Antes de comenzar con la elevación se debe pensar el nivel y el eje en el que se encuentra el movimiento de la articulación. Por regla general todas las poleas convergen en un punto (suspensión en un punto) por encima del centro de giro de la articulación (Tabla **2.7**)

Si el punto de suspensión (PS) está en la vertical por encima del punto de giro (PG), las estructuras articulares están relajadas. La extensión del movimiento desde PS y hacia PS es posible en ambas direcciones con la misma amplitud y sin gasto energético.

El punto de suspensión se puede cambiar desde la perpendicular cuando el terapeuta:

- quiere aligerar el movimiento en una dirección,
- cuando quiere dificultar el movimiento en una dirección,
- quiere evitar el movimiento, por ejemplo para depositar al paciente sobre un asiento.

El principio del desplazamiento del punto de suspensión (PS) debe ser

ilustrado con el ejemplo de una suspensión de un brazo en decúbito supino para la abducción / aducción. El punto de suspensión está por encima de la mitad de la cabeza del húmero.

Si el punto de suspensión se desplaza desde la perpendicular hacia *medial*, el brazo se aparta en una ligera flexión. El movimiento hacia PS (aducción) le resulta fácil al paciente. La abducción sería más complicada para el paciente, porque se lleva a cabo desde el punto de suspensión.

Si el punto de suspensión se desplaza hacia *lateral*, el brazo desciende ligeramente en extensión. Ahora la abducción se alivia, puesto que el paciente trabaja desde el punto de suspensión hacia lateral. La aducción es complicada puesto que se lleva a cabo desde el punto de suspensión.

El punto de suspensión también se puede desplazar hacia *craneal*. Con ello el brazo se eleva en la vertical y está, en el punto más elevado, como en un circuito abierto hacia abajo. El brazo "cae" ligeramente desde el punto más elevado hacia ambos lados, en abducción y aducción. El movimiento hacia el punto de suspensión es igual de complicado desde ambos lados. El paciente debe superar la fuerza de la gravedad.

El desplazamiento AP hacia *caudal* hace descender el brazo, con una ligera tracción. Desde la posición de descanso se dificulta el movimiento de aducción / abducción, porque el brazo debe describir un arco de círculo ascendente. En ambas direcciones se debe realizar un trabajo de elevación.

Técnicas de tratamiento:

Según la fijación del objetivo y la capacidad de esfuerzo del paciente vienen al caso las técnicas de movilización y estabilización que se combinan frecuentemente en el tratamiento.

A las *técnicas de movilización* pertenecen:

- Movimientos manuales guiados sin la colaboración del paciente.
- Movimientos manuales y verbales guiados con la colaboración del paciente.
- Movimientos independientes sin ayuda manual.

El objetivo en los que se basa el empleo de las técnicas de movilización se resume de la siguiente forma:

- Adaptación a la mesa de suspensión (reducción de la angustia).
- Esfuerzo y movimientos libres de dolor.
- Para el diagnóstico (fijación de las dimensiones del movimiento, capacidad de estiramiento y otras).
- Promoción de la motivación y la autoconfianza.
- Ajuste de los movimientos.
- Ampliación de la extensión del movimiento.
- Aumento de la actividad.
- Percepción del esfuerzo / relajación y de los cambios de tensión.
- Aumento de la concentración.

Las técnicas descritas se combinan en la práctica con medidas de otras disciplinas. Aquí se emplean también técnicas de terapia manual, de EFM (enseñanza funcional de movimientos), FNP (facilitación neuromuscular

Tabla 2.7: *Idea general de las suspensiones típicas.*

ARTICULACIÓN	MOVIMIENTO	SUSPENSIÓN	PUNTO DE SUSPENSIÓN	ACCESORIOS
Cadera	Abducción/ Aducción	Un punto DI	Cabeza de la cadera	Suspensión de muslo/de pie
	Flexión/ Extensión	Ver arriba I	Trocánter	Suspensión de muslo/de pierna
	Rotación interna/ Rotación externa	Un punto DI, 90°/90° Flexión de rodilla y cadera	Lig. rotuliano (proyectado)	Suspensión de muslo/de pie
Rodilla	Extensión/ Flexión	Uno/dos puntos I	Radilla osí camo trocánter	Suspensión de musla/de pie
Hombro	Abducción/ Aducción	Un punto DI	Cabeza del húmero	Suspensión corta de brazo/mano
	Flexión/ Extensián	Ver arriba SI	Cabeza del húmero	Ver arriba/ver arriba
	Rotación interna/ Rotación externa	Ver arriba DI, 90°/90° flexión del coda y del hombro. Ver arriba asiento 90° flexión del codo, hombro en posición nula	Olécranon (proyectado) Acromion	Ver arriba/ver arriba Ver arriba/ver arriba
Vértebras lumbares	Flexión lateral	Un punto (labil, inestable) suspensión de más puntos en un plano, DI	Entre el ombligo/ sínfisis	2 suspensiones de pierna y pie Suspensión de pelvis
	Flexián/ Extensión	Ver arriba SI	Trocánter	1 suspensión larga y ancha de muslo / 1 suspensión de pierna, suspensián de pelvis
Vértebras dorsales	Flexión lateral	Ver arriba I	Esternón	2 suspensianes de antebraza / 2 de mano, zanas de la cavidad tarácica
Vértebras cervicales	Flexión lateral	2 puntos	Nivel de las orejas	1 suspensión de cabeza

propioceptiva), terapia de respiración y terapia de relajación.

Cuando el primer término del tratamiento se basa en el aumento de la fuerza y la elevación del esfuerzo, se ofrecen técnicas estabilizadoras. Las resistencias continuadas y conductoras del movimiento deben elevar el esfuerzo del paciente de forma controlada y deben ser reguladoras. Por el contrario, las resistencias de parada interrumpen el proceso del movimiento dinámico y potencian la tonificación isométrica de los músculos.

Se emplearán las siguientes *técnicas de estabilización*:

- El desplazamiento del punto de suspensión hacia el soporte / estabilización.
- Movimiento activo contra la oposición de la guía de dirección (de un modo continuo o discontinuo).

- Parada del movimiento a través de resistencias de parada.

La fijación de los siguientes objetivos puede constituir la base de las técnicas de estabilización:

- Colocación e impedimento del movimiento.
- Preparación para el aumento del esfuerzo.
- Elevación de la fuerza, duración y mejora de la coordinación,
- Ajuste de los cursos de movimiento económicos.

Es muy razonable la combinación con otras técnicas de terapia manual, de EFM, FNP y otras.

Indicación: Para el tratamiento fisioterapéutico de los cuadros de enfermedades en el campo de trabajo ortopédico, quirúrgico y neurológico son muy apropiados los tratamientos en mesa de suspensión. No hay contraindicaciones. En la suspensión parcial de la columna vertebral, así como en los síndromes de vértebras lumbares y vértebras cervicales se deben tener en cuenta además las reacciones vegetativas.

2.4.11. Técnicas de relajación

R.I. Rost y P. Kirchner

Actualmente el abanico de técnicas de relajación disponible es muy variado. Entendemos por tal un grupo de procedimientos cuyo fin común es facilitar el aflojamiento de los estados de tensión, tanto los de tipo corporal como los mentales. Por lo tanto, a través de ejercicios dirigidos y continuos se consigue la capacidad para "cortar, concentrarse y abandonarse".

La técnica de relajación que se elija para el paciente depende de:

- Las experiencias anteriores, la capacidad de relajación y la motivación del paciente.
- Tipo de dolencia del paciente.
- Preparación y modo de proceder del terapeuta.

En otras palabras, esto significaría: "Todos los caminos conducen a Roma", puesto que la relajación es un principio en el que cada persona que lo practica debe encontrar su propio camino.

En el tratamiento *fisioterapéutico* se utilizan a menudo elementos de la *fisioterapia de relajación* y la *terapia de respiración* (percepción de los movimientos de respiración abdominal a través de textos básicos).

A partir de ahora se presentarán técnicas de relajación (aunque no se hará de forma total) que frecuentemente son utilizadas por los fisioterapeutas (véase también "Efectos psíquicos incluyendo en el contexto psicofísico, efectos en la relajación o distensión").

Relajación muscular progresiva de Jacobson

Fundamento: El americano *Jacobson* desarrolló en 1938 el método de la relajación muscular progresiva con el objetivo de luchar contra la tensión y la angustia, para influir en el sistema nervioso vegetativo y hacer terapia de los trastornos del sueño.

Partió de la base de que la angustia va unida a una elevada tensión

muscular y de que, a través de una reducción de esta tensión de los grupos musculares, se puede llegar a una disminución de la angustia.

Principio: Los grupos musculares independientes se tensan sistemáticamente en muchas posiciones de reposo con distintas intensidades (hasta llegar a la tensión de todo el cuerpo) y luego vuelven a relajarse.

El tiempo de tensión requiere entre cinco y siete segundos, y el de relajación hasta dos minutos. La concentración del paciente se debe dirigir hacia el grupo muscular con el que se está trabajando.

El que practica debe aprender a percibir de un modo diferenciado el estado de relajación de los músculos y debe controlar el tono activo para, en el futuro, poder impedir un hipertono muscular elevado y poco económico. Los ejercicios repetidos son la condición previa para dominar la técnica después de cuatro a seis semanas. Es posible dar una instrucción en terapia independiente o en grupos.

Entrenamiento autógeno

Fundamento: El entrenamiento autógeno es una autorrelajación de tipo concentrativo o autohipnosis. Fue desarrollada en los años 20 por *J.H. Schultz* y hoy en día se ofrece con diversas variaciones. En este método se dan procesos corporales y mentales con acciones recíprocas continuas. A largo plazo se debe influir también en las actitudes y los modos de proceder.

Principio: A través de la repetición de intenciones de sugestión (por ejemplo, "mi brazo derecho es pesado") y de un ejercicio continuado se llega a ejercer una influencia arbitraria sobre las funciones autónomas del cuerpo. En primer lugar se organiza la serie de ejercicios, siendo variable el número de repeticiones. Los ejercicios de descanso fortalecen el sentimiento de relajación. En un principio se practica con el monitor, pero después el entrenamiento autógeno se debe practicar de forma individual.

Yoga

Fundamento: El yoga proviene de la India, tiene 3.000 años de antigüedad y significa, en sentido figurado, "dominio". De las formas espirituales meditativas se formaron los progresivos ejercicios corporales (*asanas*). Una parte importante del concepto del yoga es la enseñanza de la respiración (*pranayama*). Los escritos filosóficos indican los caminos teóricos y prácticos. Existen muchas direcciones diferenciadas en el yoga, siendo la más conocida la que se orienta al cuerpo: Hatha Yoga.

Principio: El yoga es un concepto totalizador. La persona no sólo debe llevar a cabo el movimiento, sino que debe desarrollarlo en su plena personalidad. A ello pertenecen una serie de reglas básicas de la vida cotidiana, como son la alimentación sana y la meditación. El ejercitamiento del yoga incluye ejercicios de respiración y ejercicios corporales. Típicas del yoga son las posiciones corporales lentas, mantenidas largo tiempo y, en ocasiones, extremas. Los movimientos se llevan cabo sin ánimo deportivo, sino siguiendo las "capacidades interiores". Las posturas de reposo y

tensión favorecen el aprendizaje de la percepción. Es importante la flexibilidad de la columna vertebral, ya que es la canalizadora central de la energía del cuerpo. El yoga puede ser practicado, de forma adecuada, por cualquier persona.

Feldenkrais

Fundamento: El conocido método de *Moshé Feldenkrais* es una forma de movimiento que enseña el trato sugestivo y consciente del cuerpo. Se deben reconocer los patrones de movimiento y posición con los que hay que estar familiarizados y se deben variar de modo consciente. Feldenkrais ve a la persona como una unidad de pensamiento, sentimiento y acción. A través de procesos de percepción se aprenden "nuevos" movimientos y se fijan en el sistema neuromuscular. La conciencia corporal variada tiene su influencia sobre los procesos mentales y anímicos.

Principio: El trabajo en grupo para adquirir "conciencia a través del movimiento" resulta de las instrucciones verbales. Los ejercicios se llevan a cabo lenta y cuidadosamente y se varían con muchas repeticiones. Primero los pequeños ejercicios se hacen cada vez más complejos y cada vez afectan a más segmentos corporales. Se prueban las alternativas de movimiento a través de ejercicios de juego. El pensamiento y la experimentación ayudan a las nuevas e intensas experiencias de movimiento y percepción. La "integración funcional" no verbal es un trabajo individual en el que se imponen los impulsos de contacto, como la presión y la tracción, que deben introducir al proceder del movimiento correspondiente.

Eutonía

Fundamento: La pedagogía-eutonía y la terapia-eutonía fueron creadas en los años 50 por *Gerda Alexander*. Eutonía es un término griego que significa "tensión armónica". La eutonía debe volver a enseñar a través de la autopercepción del cuerpo y del estado de la conciencia. Cuando se obtiene un equilibrio natural, los movimientos son más ligeros y elásticos. De igual modo tiene lugar un traspaso en el campo psíquico y anímico.

Principio: En la eutonía se enseña en primer lugar la sensibilidad superficial y la sensibilidad profunda. Los movimientos son precisos y deben ir introducidos por un examen mental. Con ello se desarrolla la "conciencia espacial del cuerpo" en relación con los músculos, órganos y huesos. Las técnicas de contacto facilitan los estados de tensión en el propio cuerpo con respecto a los materiales y a las demás personas. Su regulación tiene como efecto la armonía de la respiración. Típico de la eutonía es la ligereza de las realizaciones y el mínimo empleo de energía.

Qi gong

Fundamento: El Qi gong proviene de China y posee una antigüedad de 3.000 años. "Qi" es una energía de delicada sustancia material que circula por todo el cosmos y por todo el cuerpo. Si su circulación en los meridianos corporales (caminos de guía

de la energía invisibles en el cuerpo) se ve interferida por influencias dañinas, llegan las enfermedades. Qi gong evita y soluciona los bloqueos y aporta energía. La voluntad y el poder de la imaginación llevan al Qi al cuerpo, donde se activan las fuerzas de autosanación y se refuerza la psique.

Principio: El Qi gong puede realizarse tanto tumbado como sentado o de pie. Se diferencian los ejercicios en reposo y los ejercicios en movimiento (Tai chi chuan). Con ellos se aprende la concentración, el movimiento y la respiración. Los movimientos son ligeros, lentos, y fluidos y circulares. Se imita el comportamiento de los movimientos de los animales. Para conseguir la flexibilidad de la columna vertebral se practican ejercicios de estiramiento con formas que se propagan en el espacio. Una regla básica es una alternancia entre ejercicios y descansos que llevan a una concentración interior.

2.4.12. Terapia resolutiva
H. Ehrenberg

Objetivo: El objetivo de esta terapia es llevar al paciente a un estado psicofísico suelto y relajado.

Fundamento: El modo de actuar se basa en las experiencias de *Alice Schaarschuch* (ampliadas por *Hedi Haase*), quien percibió que con la percepción y la atención los seres humanos podían alcanzar rápidamente un estado de tranquilidad. Las bases residen en la llamada regulación del tono muscular a través de técnicas, entre las cuales las "extensiones" juegan un papel muy importante.

Principio: El principio de tratamiento consiste en dirigir sistemáticamente la atención hacia las sensaciones de toques, presión y temperatura así como los movimientos de respiración del cuerpo. Esto se llevará a cabo siempre en comparación con ambas mitades del cuerpo o bien entre la percepción del cuerpo antes y después del tratamiento.

Resultados: Éstos se clasifican en efectos físicos (corporales) y psíquicos (mentales).

Los *efectos físicos* son:

- Un despertar atento que lleva a la mayor capacidad de percepción, incluso del ambiente. Está unido a un sentimiento de tranquilidad agradable pero que no nos lleva al sueño. Sin embargo en los principiantes se puede dar alguna somnolencia.

Los *efectos psíquicos* son:

- Una actitud "objetiva" hacia el cuerpo y hacia la propia persona que, por ejemplo, muestra una mayor aceptación de las dolencias crónicas y de su superación. No se produce una observación "hipocondriaca" y miedosa, sino más bien todo lo contrario, la experiencia enseña que las tendencias hipocondriacas desaparecen gracias a una mejor relación con el propio cuerpo.

Indicaciones: Sirve para todos los pacientes que por sobreactividad y una ligera susceptibilidad empeoran sus estados agudos de enfermedad y sus dolencias crónicas.

2.4.13. Psicomotricidad orientada clínicamente

F. Bouachba y J. Graichen

Objetivo: A través del movimiento y el juego se deben normalizar las formas de conducta alteradas y las experiencias unidas a ellas. Se intenta favorecer la capacidad de aprendizaje del niño, se mejoran sus posibilidades para la percepción y la reacción ante su entorno y se facilitan las competencias duraderas que se han visto dañadas por una limitación de las posibilidades y cualidades del movimiento.

Fundamento: El doctor en medicina *J. Marc Itard* (1776-1838) y después su alumno y colaborador *E. Seguin* (1812-1880) son los creadores de la psicomotricidad tal y como hoy es aceptada internacionalmente. El concepto primitivo fue formulado en el año 1801 por Itard mientras realizaba un trabajo con un joven "asilvestrado" (en estado semisalvaje) que le habían confiado, al que dio el nombre de "Viktor" y que fue conocido con el nombre de "*el niño salvaje del Aveyron*".

El término *psicomotricidad* en su significado actual fue acuñado por primera vez por el neuropsiquiatra *Dupré* en el año 1913 y ya entonces indicaba la conexión *cuerpo–espíritu* así como *psique–motricidad.*

Desde los años 20 hasta principios de los años 30 en la República Federal Alemana se dieron planteamientos de psicomotricidad (sobre todo en el ámbito de los adultos) que fueron echados en el olvido a finales de los años 30.

Hay que agradecer al profesor diplomado deportivo *J.E. Kiphard* y al médico *H. Hünnenhans* el que, desde mediados de los años 50, la psicomotricidad esté de nuevo de actualidad (y sólo daremos los nombres de estas dos personas, ya que de lo contrario, la lista de ayudantes, acompañantes y patrocinadores sería demasiado larga. Véase Kiphard: Psicomotricidad en teoría y práctica). *J.E Kiphard* desarrolló, gracias a su trabajo, la psicomotricidad de un "movimiento" para un campo especializado reconocido y establecido en la rehabilitación de niños y jóvenes.

La psicomotricidad orientada clínicamente que aquí se nombra sólo coincide en el nombre con los objetivos fijados en el trabajo de Kiphard, a pesar de que algunos aspectos lo recuerdan, puesto que uno de los fundadores de esta tendencia (F. Bouachba) también ha aprendido de Kiphard. Este concepto se orienta en primera instancia a los niños (desde los neonatos a los jóvenes) y predominantemente se esboza, para los fisioterapeutas, en la neuropediatría.

La psicomotricidad orientada clínicamente se integra, al lado de los conocimientos actuales, en la clínica (neurofisiología / neuropsicología / Investigaciones cerebrales), en el movimiento y juego, así como en la participación de las conocidas (psico)terapias orientadas al cuerpo, como feldenkrais, técnicas de terapias de relajación, rítmica, eutonía, procedimientos de respiración, psicodrama y, no en último lugar, las presentaciones neurofisiológicas (J. Graichen).

Principios: Desarrollo del niño en situaciones reales, en las que se comenzará por buscar de soluciones individuales, por parejas o en grupo.

Oferta o formación de situaciones en las que el niño debe experimentar activamente principios importantes y específicos de la vida de modo que pueda manejarlos muchas veces, variarlos y adaptarlos a las diversas situaciones.

Indicaciones:

Indicaciones primarias:

- Fragilidad parcial del rendimiento.
- Trastornos que condicionan la vida.
- Trastornos que condicionan el entorno.

Indicaciones secundarias:

- Afecciones de los sistemas.
- Diversas formas de alergia.
- Impedimentos corporales (por ejemplo, parálisis cerebral).
- Defectos genéticos.

2.5. TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA RESPIRATORIA

P. Kirchner

2.5.1. Introducción

La respiración no sólo es necesaria para las necesidades de intercambio de gases y para el mantenimiento del equilibrio ácido básico necesario para la vida, sino que también está sujeta a influencias muy variadas, como el movimiento, la concentración, el habla, el hecho de hacer música o la tos. Además, es fuertemente dependiente de factores emocionales. La existencia de tantos factores influyentes ha llevado al desarrollo de gran cantidad de técnicas de tratamiento respiratorio. Los métodos más importantes basados en la experiencia se desarrollaron dentro de la medicina casi sin tener contacto con las doctrinas médicas. Debido a una incierta valoración por parte de los médicos y, en cierto modo, también por parte de los fisioterapeutas de sus posibilidades terapéuticas, se originó una situación de características muy propias. Para conseguir más claridad en este ámbito de la fisioterapia, un activo grupo de investigadores médicos y experimentados fisioterapeutas se ocuparon de elaborar unos principios teóricos para clasificar las técnicas de la terapia respiratoria, reduciéndolas a un número efectivo y práctico, y para discutir sus efectos. Ya estaban sentadas las bases de los estudios para una objetivación de las técnicas individuales.

Los resultados del congreso del grupo de trabajo de la terapia respiratoria, cuyo soporte es la Deutsche Verband für Physiotherapie Zentralverband der Krankengymnasten Physiotherapeuten (ZVK) e. V (Asociación Alemana para la Fisioterapia Asociación Central de actividad física para Enfer-mos y Fisioterapia, Asociación registrada), fueron publicados en la revista especializada *Krankengymnastik* y promueve jornadas de perfeccionamiento o reciclaje de los fisioterapeutas.

En este apartado se pretende dar una idea general sobre la teoría y la práctica de la terapia de respiración.

2.5.2. Definición y usos

La terapia de respiración es una parte de la fisioterapia que nosotros calificamos, en delimitación con las llamadas escuelas de respiración, como *terapia de respiración fisioterapéutica.* Es una componente efectiva de la formación en la Schule für Physiotherapie (Escuela para la Fisioterapia), reconocida por el estado. Se intentará, por medio de diversas técnicas y medidas, influir y modificar la respiración, tanto por caminos espontáneos como no espontáneos.

La condición previa para la terapia es un conocimiento exacto del cuadro clínico y la exploración de la respiración. La selección de técnicas fisioterapéuticas exige conocimientos diferenciados en la fisiopatología de la respiración. Como ocurre en otras disciplinas, también en este campo es deseable, por medio de un perfeccionamiento continuo, tener nuestros conocimientos plenamente actualizados.

Las *indicaciones* para la terapia de respiración fisioterapéutica se sitúan en el campo de la prevención, en la asistencia médica urgente y en la rehabilitación. Los campos de empleo serán, por ejemplo:

- En la profilaxis y el tratamiento de la neumonía en pacientes con trastornos pulmonares.
- En el tratamiento de pacientes toracotomizados, por ejemplo en la lobectomía, trasplante de pulmón, operaciones de corazón.
- En el tratamiento de enfermedades pulmonares obstructivas, sobre todo en las instrucciones para la autoayuda, por ejemplo en el asma.
- En el tratamiento de la mucoviscidosis (fibrosis quística).
- En el tratamiento de enfermedades pulmonares restrictivas, por ejemplo en la pleuritis / derrame pleural.
- En el tratamiento de trastornos respiratorios en enfermedades de la columna vertebral, como en la enfermedad de Bechterew y deformaciones del tórax.
- En el tratamiento de trastornos de los movimientos respiratorios en enfermedades neuromusculares como las miopatías.
- En la preparación al parto.
- En el tratamiento de trastornos funcionales de la respiración, como síndrome de respiración nerviosa.

La terapia respiratoria es una *terapia individual o de grupo*, posible tanto en el ámbito hospitalario como en el ambulatorio, siendo los *grupos ambulatorios de terapia respiratoria* los que congregan a más pacientes con enfermedades pulmonares crónico-obstructivas (Kirchner 1994)

Como *medidas suplementarias y de apoyo* se han utilizado:

- *Termoterapia* (envolturas de calor húmedo, las compresas y rollos calientes).
- *Terapia de relajación* (terapia resolutiva de Schaarschuch / Haase, Feldenkrais, terapia respiratoria refleja de Schmitt / Brüne, relajación muscular progresiva de Jacobson, procedimiento de Biorretroalimentación).
- *Terapia de inhalación.*

2.5.3. Terminología

La terminología utilizada en la terapia respiratoria se refiere a los términos de la práctica terapéutica y a las teorías médicas. Hay que calificar como necesarios los conocimientos de las expresiones terminológicas para poder documentar los exámenes clínicos referidos a la terapia respiratoria y para entender los diagnósticos médicos (anamnesis, auscultación, percusión, examen de la función pulmonar) y hacer intercambios entre ambos campos para una actuación terapéuticamente adecuada.

Alcalosis: Trastorno del equilibrio ácido básico, el valor de pH de la sangre está por encima de 7,43.

Apnea: Interrupción de la respiración.

Atelectasia: Por atelectasia se entiende la falta de desarrollo o el estado de colapso del espacio alveolar. El origen puede estar en la obstrucción de los bronquios (por mucosidades, tumores o cuerpos extraños).

Trabajo respiratorio: El trabajo respiratorio es la actividad muscular necesaria para los movimientos respiratorios (para la activación del volumen respiratorio) Físicamente: Trabajo respiratorio = Presión x volumen.

Movimiento respiratorio: Los músculos de la inspiración, por medio de su contracción (principalmente los músculos intercostales y el diafragma) dan como resultado un movimiento. Este movimiento aumenta la cavidad torácica en todas sus dimensiones. Para la diferenciación en el reconocimiento terapéutico de la respiración se establecerá una diferenciación entre movimientos respiratorios torácicos y abdominales.

Los *movimientos respiratorios torácicos* son movimientos de las costillas hacia craneal, ventral, lateral y dorsal. Amplían la capacidad torácica "arriba", en una dirección sagital y "abajo" en una dirección transversal. El diafragma toma parte en el movimiento de las costillas inferiores. Éstas se elevan y se mueven hacia fuera cuando aquél se contrae (Campell y colaboradores, 1970).

Los *movimientos respiratorios abdominales* tienen lugar por medio de la contracción inspiratoria del diafragma y de su presión sobre el abdomen. La presión intraabdominal aumenta y los órganos del abdomen (considerados desde un punto vista mecánico) se pueden comparar con una ampolla líquida no comprimible (Krummer 1967), que se desvía hacia ventral, lateral, lumbodorsal y caudal.

Movimientos respiratorios paradójicos:

- Son *contracciones respiratorias de las costillas inferiores* que tienen lugar cuando el tórax se fija en la posición de inspiración (enfisema pulmonar); con ello el diafragma se aplana y, en su contracción, la parte costal inferior se mueve hacia dentro (*Antagonismo [diafragma–pared torácica]*, Ullmer y colaboradores 1966, así como también signo de Hoover). Estas contracciones pueden ser también manifestaciones de astenia / fatiga o de entumecimiento de los músculos intercostales.
- La *contracción inspiratoria del abdomen* es un signo de un dia-

fragma fatigado o entumecido. El diafragma no está capacitado para reaccionar contra una presión negativa a través de los músculos intercostales, tirando hacia dentro de la cavidad torácica y, por ello, arrastrando el abdomen. Por ello se debe excluir, por medio de una palpación, la contracción de los músculos abdominales.

- *Alternancia respiratoria* significa el cambio de los movimientos respiratorios desde una fase exclusivamente torácica a otra de movimientos respiratorios abdominales. Esto es un signo inequívoco de unos músculos respiratorios fatigados. A través de las contracciones alternativas se pueden descansar alternativamente los músculos fatigados.

Forma respiratoria: La forma respiratoria es el modo en el que el aire entra y sale en la cavidad torácica y el volumen indispensable de respiración por minuto (volumen de respiración en un tiempo determinado) conseguido, es decir, con qué movimientos respiratorios, con qué frecuencia respiratoria, con qué ritmo respiratorio y con qué vía respiratoria (por la nariz o por la boca).

Frecuencia respiratoria/minuto: Número de inspiraciones por minuto (normal en reposo: 8 a 16 inspiraciones por minuto).

Ruidos respiratorios: Se hace una diferencia entre los ruidos que se forman en las vías respiratorias, como ruidos de flujo (la llamada respiración bronquial) y los ruidos que se forman en la dilatación y la retracción de los tejidos pulmonares elásticos (la llamada respiración vesicular).

Ruidos respiratorios accidentales:

- *Secos*: murmullos, estertores sibilantes, pitos; se producen, como sonidos de flujo, en los bronquios cerrados por mucosidades, espasmos o inflamaciones.
- *Húmedos:* ruidos parasitarios burbujeantes grandes, medianos o débiles según el tamaño de la vía respiratoria. Resultan de acumulaciones acuosas en los bronquios (por ejemplo en los edemas pulmonares).

Mecánica respiratoria: Para la aireación de los pulmones (ventilación) se hace necesario que se cree una diferencia de presión, centrada en la diferencia entre la presión atmosférica y la intraalveolar, y que se realiza a través de fuerzas activas (músculos de respiración) fuerzas pasivas (elasticidad de los pulmones / tórax, favorecimiento de la fuerza de la gravedad).

La figura **2.111 a** muestra, de un modo esquemático, las fuerzas existentes en la posición de reposo de la respiración, es decir, la posición al final de una espiración normal. Las fuerzas elásticas del tórax que tiran hacia fuera y las fuerzas elásticas del pulmón que tiran hacia dentro están en equilibrio; la presión alveolar es igual a la presión atmosférica.

Durante la inspiración (figura 2. **111 b)** se produce, a través de la contracción de los músculos de la inspiratorios, un ensanchamiento de la cavidad torácica. Además, se produce una presión de inspiración elevada

(fuerza negativa) en la cavidad pleural que se transmite a los alvéolos pulmonares (fuerza alveolar negativa) A través de estas fuerzas negativas se verifica una entrada de aire, es decir, se produce una ventilación.

En la *inspiración normal* (figura **2.111 c)** se da un estrechamiento de la cavidad torácica, a través de las fuerzas de reacción elásticas del pulmón y del tórax. La presión intraalveolar aumenta por encima de la presión atmosférica (presión por encima de la atmosférica, es decir, presión positiva) y el aire sale del pulmón. En esta fase los músculos de inspiración están relajados.

En la *inspiración forzada* (figura **2.111 d)** los músculos de la espiración ejercen una fuerza activa desde el abdomen y el tórax sobre el pulmón. En contraposición a la espiración normal, también ahora se elevan fuertemente tanto la presión pleural positiva como la presión intraalveolar.

Posición media de respiración: La situación del volumen de aspiración dentro de la capacidad pulmonar total durante una respiración normal. Es movible en dirección a la inspiración y espiración.

Músculos de la respiración: Entre ellos se cuentan para la *inspiración:* diafragma, mm. escalenos, mm. intercostales externos y mm. elevadores de las costillas. Para la *espiración*: mm. intercostales internos, m. transverso del tórax y mm. subcostales.

Estos músculos, necesarios para la vida, son músculos esqueléticos del tipo I (*slow twitch fibres* = fibras de contracción lenta) y tipo II (*fast twitch fibres* = fibras de contracción rápida). Por lo tanto, se corresponden en todas sus características fisiológicas y contráctiles con los restantes músculos esqueléticos. Puesto que los músculos respiratorios se componen de los dos tipos de fibras, pueden entrenarse tanto en fuerza como en resistencia, así como, al igual que cualquier otro músculo esquelético, sus capacidades de contracción concéntrica (inspiración) y excéntrica (espiración lenta). De igual modo pueden fatigarse por sobrecarga y puede provocar insuficiencia respiratoria (insuficiencia ventilatoria).

Los *músculos de ayuda respiratoria* son músculos que, junto con los músculos principales de la respiración, intervienen en el movimiento de respiración.

Para la *inspiración* son:

- mm. esternocleidomastoideos,
- m. trapecio,
- mm. pectoral mayor y menor,
- m. serrato anterior,
- m. serrato posterior superior e inferior,
- m. iliocostal cervical.

Para la *espiración forzada* se activan los siguiente músculos:

- m. recto del abdomen,
- mm. oblicuo del abdomen externo y interno,
- m. dorsal ancho,
- m. cuadrado lumbar,
- m. dorsal ancho,
- parte lumbar del músculo iliocostal.

Ritmo de respiración: La secuencia de respiraciones, es decir, los movimientos de inspiración / espiración, pueden variar en particular, por

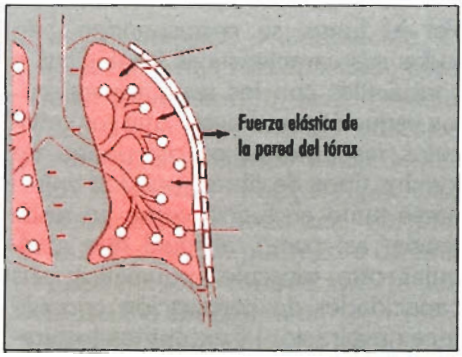


Figura 2.111 a:

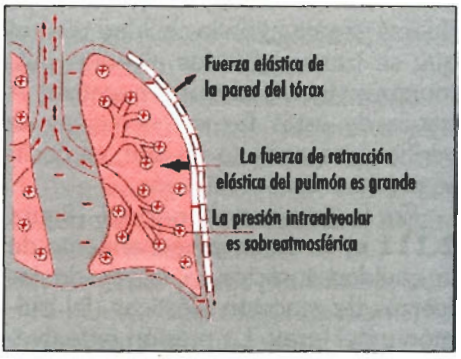


Figura 2.111 c:

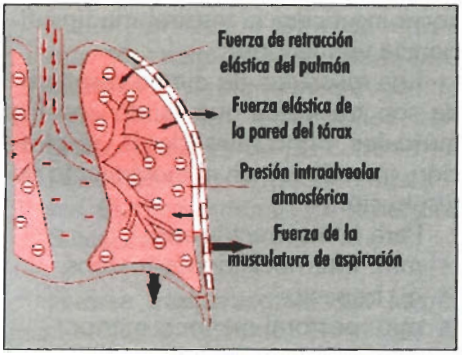


Figura 2.111 b:

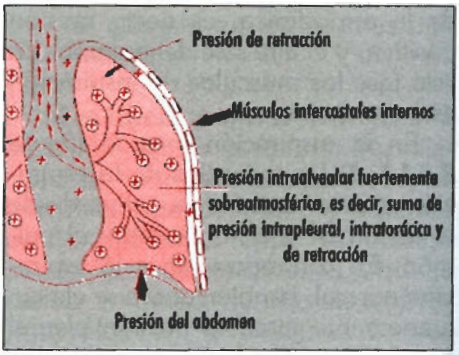


Figura 2.111 d:

Figura 2.111 a-d: *Fuerzas que ensanchan y contraen la capacidad torácica. La presión inferior a la atmosférica se representa como negativa (-) y la presión superior como positiva (+) (de Netter).*

a.

- *Los músculos de la respiración están relajados.*
- *Las fuerzas elásticas del pulmón y la pared del tórax son iguales pero opuestas.*
- *La presión a través del árbol traqueobronquial es atmosférica.*
- *No circula aire.*

b. *Inspiración: Los músculos de la inspiración se contraen y se ensancha la cavidad torácica, la presión intraalveolar se hace subatmosférica, el aire entra en el pulmón.*

c. *Espiración: Los músculos de la espiración se relajan, la fuerza de retracción provoca presión sobreatmosférica, el aire sale del pulmón.*

d. *Espiración forzada: Los músculos de la espiración de la pared torácica y del abdomen se contraen, se produce una presión sobre la cavidad pleural y el pulmón. La presión intrapleural (intratorácica) se hará positiva (+). Junto con la presión de retracción del pulmón se constituye una elevada presión sobreatmosférica (+). La presión en el esófago y en el mediastino es, igualmente, positiva (+) = presión intratorácica.*

ejemplo ser regulares y acelerados, pueden ser profundos o superficiales, pueden pasar de aspiraciones rápidas a lentas produciéndose "suspiros" profundos y repetidos, o pueden producirse o faltar las llamadas pausas de espiración final.

Posición de reposo respiratorio: La posición de reposo respiratorio es la posición de espiración normal en la que impera el equilibrio de la tensión elástica del pulmón hacia dentro y la tensión elástica del tórax hacia fuera (Figura **2.112**).

Volumen respiratorio: Por volumen respiratorio se entiende el volumen inspirado y espirado (Figura **2.112**).

Auscultación: La escucha del pulmón mediante un estetoscopio es una técnica para la interpretación de los ruidos respiratorios, por ejemplo los estertores burbujeantes finos y gruesos en la retención de mucosidades.

Valores de gas en la sangre: La elevación correspondiente de la presión parcial de O_2 y CO_2 arterial señala el efecto de la respiración y, además, también indica diversas enfermedades o trastornos. Son normales las irregularidades producidas por la edad.

Normal:
$Po_2 > 70$ mm Hg, $Pco_2 < 43$ mm Hg,
Insuficiencia respiratoria parcial:
$Po_2 < 70$ mm Hg, Pco_2 normal,
Insuficiencia respiratoria global:
$Po_2 < 70$ mm Hg, $Pco_2 > 43$ mm Hg.

Bradipnea: Frecuencia respiratoria baja, significa ventilación *no* disminuida.

Difusión: Intercambio de gases entre el aire pulmonar y la sangre pulmonar, a través de la membrana alveolocapilar, a causa de las diferencias de presión parcial.

Distribución: Distribución por zonas de la ventilación, la difusión y la perfusión sobre las diversas partes pulmonares.

Disnea: Con disnea se designa a una respiración dificultosa con un sentimiento subjetivo de falta de respiración.

Eupnea: Respiración normal en reposo.

Volumen de reserva espiratorio: El volumen de reserva espiratorio es el volumen que, desde una posición de reposo respiratorio, se puede espirar adicionalmente tras una espiración normal (Figura **2.112**).

Volumen de espiración forzada en un segundo: El volumen de espiración forzada en un segundo (FEV1), también denominado *test de Tiffeneau*, designa el volumen pulmonar que se puede espirar en el primer minuto en una posición de reposo respiratorio, tras una inspiración máxima, en una espiración forzada. (Figura **2.112**).

Capacidad residual funcional: La capacidad residual funcional designa el volumen encontrado en el pulmón, en una posición de reposo respiratorio y tras una espiración normal (Figura **2.112**).

Hemoptisis: Expectoración de mucosa con sangre o de sangre pura, por ejemplo en los carcinomas bronquiales, en la tuberculosis pulmonar o en la embolia pulmonar.

Hipercapnia: Elevación del Pco_2 arterial (> 43 mm Hg).

Hipercrinia / discrinia: Por hipercrinia se entiende la superproducción de secreciones (por ejemplo en la bronquitis y la mucoviscidosis). Discrinia designa la mucosidad con variaciones anormales en su consistencia (líquido espeso) (por ejemplo en el asma).

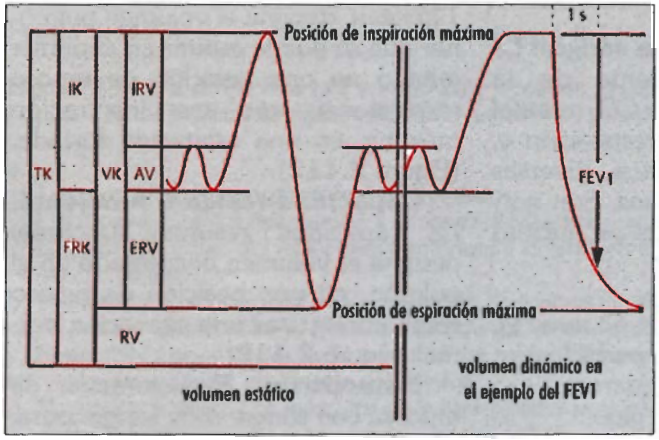
Hiperventilación: Aumento del volumen respiratorio por minuto, por encima de las necesidades del metabolismo (descenso de la presión del dióxido de carbono en la sangre arterial, en casos extremos, aumento de los valores pH por encima de los límites normales [7,38–7,42] a valores de hasta 7,5–7,7). Entonces se produce una alcalosis respiratoria que, como consecuencia de las modificaciones químicas de la sangre, eleva la irritabilidad neuromuscular y conduce a una contracción muscular tetánica.

Hipoventilación: La hipoventilación alveolar es el descenso de la ventilación alveolar debido a una baja eliminación de dióxido de carbono (retención de anhídrido carbónico = hipercapnia) y, posteriormente, a una mínima entrada de oxígeno y a una saturación de oxígeno en la sangre arterial (hipoxemia).

Hipoxia: Estado de deficiencia de oxígeno en los tejidos corporales. Distinción entre la hipoxia respiratoria, anémica, circulatoria e hipoxia histotóxica.

Volumen de reserva inspiratorio: El volumen de reserva inspiratorio designa el volumen de aire inspiratorio que queda tras una inspiración normal (Figura **2.122**).

Ortopnea: Disnea que obliga al paciente a colocarse en una posición erguida.



TK: Capacidad total
IK:Capacidad de inspiración
FRK:Capacidad funcional residual
VK:Capacidad vital
IRV:Volumen de reserva inspiratorio
AV: Volumen respiratorio
ERV: Volumen de reserva espiración
RV: Volumen de reserva
FEV1: Volumen de espiración forzada en un segundo

Figura 2.112 *El volumen pulmonar estático comprende el volumen parcial de la capacidad total. El volumen estático medido por espirometría facilita, ante todo, una valoración de las enfermedades pulmonares restrictivas.*
El volumen dinámico precisa siempre una maniobra de respiración forzada y espiradora y facilita la magnitud de medidas estándar para el diagnóstico de la obstrucción respiratoria.

Movimiento de respiración paradójico: Véase *Movimientos respiratorios.*

Peak-flow: La máxima potencia de flujo respiratorio en espiración es la mayor potencia de flujo respiratorio que se puede alcanzar en una espiración forzada tras una inspiración normal. El *peak–flow* (pico de flujo) es un módulo para valorar, *grosso modo*, la obstrucción, predominantemente de las grandes vías respiratorias. El valor normal depende del sexo, la edad y el tamaño, y se recoge en tablas. Los valores registrados con el medidor de *peak–flow* facilitan el ajuste de las dosis de medicamentos a suministrar a los pacientes.

Perfusión: Inundación; referida al pulmón: Irrigación de los pulmones.

Percusión: Golpeteo del tórax, que puede provenir de manos del médico para el reconocimiento corporal (por ejemplo, para la determinación del contenido de aire, elevado o disminuido, en el pulmón o para establecer comparaciones de resonancia al golpe) o ejecutado por el fisioterapeuta como medida terapéutica para la eliminación de mucosidades.

Taquipnea: Frecuencia respiratoria demasiado elevada.

Capacidad total: Por capacidad total se entiende el volumen de aire que se encuentra en el pulmón tras una inspiración máxima (Figura **2.112**)

Espacio muerto: Por espacio muerto anatómico se entiende el volumen de gas en las vías respiratorias que no contribuye a un intercambio de gases (aproximadamente 150 ml). Sus funciones son: Calentamiento, humedecimiento y limpieza del aire de la respiración.

Ventilación: Aireamiento, ventilación alveolar: Parte del volumen de respiración por minuto que toma parte en el intercambio de gases.

Insuficiencia ventilatoria: Es una aireación insuficiente para las necesidades del pulmón originada por un rendimiento insuficiente de la bomba de respiración (insuficiencia de bombeo). Sus causas crónicas más habituales se pueden encontrar en diversos puntos del circuito regulador representado en la (Figura **2.113**); por ejemplo:

- Afecciones neuromusculares (poliomielitis, esclerosis lateral amiotrófica, miopatías); producen lesiones de los nervios y/o los músculos respiratorios, dándo lugar una disminución de la fuerza respiratoria.
- En las típicas deformidades del tórax por la escoliosis o en un tórax sobreinflamado por enfisemas pulmonares. Aquí se ven notablemente reducidos los músculos de la respiración debido a un alargamiento o un acortamiento constante de su efectividad de contracción. (Trastorno de transmisión de la contracción muscular en la presión alveolar).
- En resistencias elásticas elevadas, como por ejemplo, en fibromas pulmonares o en resistencias elevadas en las vías respiratorias (enfermedades pulmonares crónicas); aquí se obliga a un trabajo excesivo de los músculos respiratorios con el fin de compensar los trastornos de la mecánica de la respiración, incluso en reposo.

Todas estas dolencias limitan considerablemente la función de los músculos respiratorios, ya que la elevación de la actividad inducida por una ventilación insuficiente provoca el agotamiento (Criè 1989). Las muestras de una insuficiencia respiratoria son los numerosos trastornos subjetivos (dolores de cabeza matutinos, trastornos del sueño por las noches, adinamia durante el día) y también resultados clínicos (como movimientos de respiración paradójica, respiración corta, superficial y frecuente, duración corta de la fonación, voz baja y débil) así como variaciones de los parámetros de función pulmonar (por ejemplo elevación del PCO_2 con disminución simultáneas del PO_2).

Elevación de la ventilación: Con elevación de la ventilación se designa las aspiraciones profundas que se insertan intermitente y arbitrariamente en la respiración de reposo (respiración espontánea) *sin producirse una hiperventilación*. El volumen respiratorio por minuto permanece en los límites normales. La elevación de la ventilación es un término propio de la fisiología y está asociado a un aumento del volumen respiratorio por minuto motivado por un esfuerzo corporal

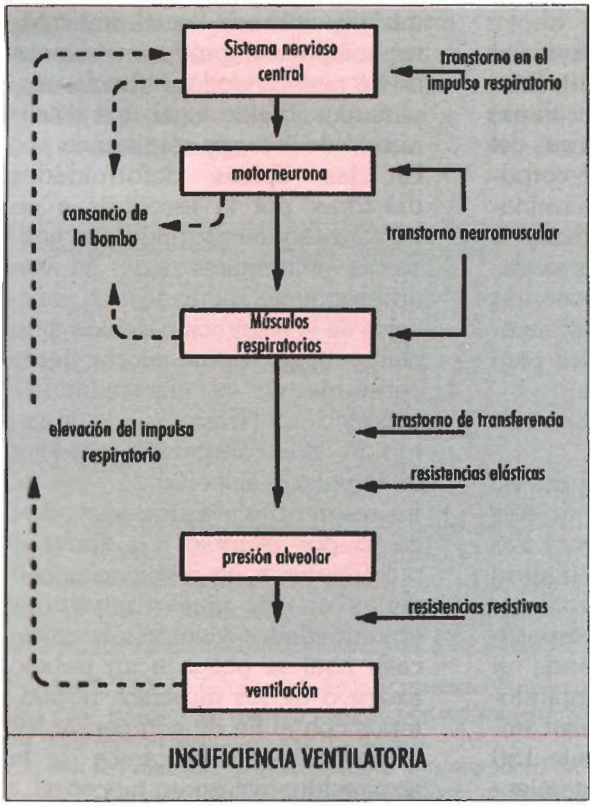


Figura 2.113:
Representación esquemática del circuito de respiración. Los trastornos de este circuito producen elevaciones de los impulsos respiratorios. La elevada exigencia y, por último, el cansancio de músculos respiratorios llevan a una insuficiencia ventilatoria (de Crie).

(pasar, por ejemplo, de 8 litros/minuto en reposo hasta por encima de los 20 a 30 l/min), es decir, por una necesidad de elevada energía. También se alcanza, a través de la respiración, con la ampliación variable y artificial del espacio muerto, según Giebel (1969, 1989).

Capacidad vital: La capacidad vital es el volumen de aire respirable después de una inspiración máxima con un esfuerzo fuerte (Figura **2.112**).

Cianosis: Coloración azulada de la piel, las mucosas y los labios. Hay que establecer la diferencia entre una cianosis central y una periférica. Las causas de una cianosis pueden ser muy variadas, tanto pulmonares, como cardíacas, locales o por una alteración sanguínea.

2.5.4. Evaluación en fisioterapia

Para una terapia de respiración individual y específica de una enfermedad es muy importante un reconocimiento avanzado y específico. El terapeuta se orienta por los éxitos y fracasos, también durante el tratamiento, por ejemplo en:

- Las modificaciones de la forma de respirar.
- Los comentarios del paciente sobre su respiración ligera o fuerte.
- Los ruidos respiratorios accidentales audibles.
- Existencia de una cianosis (en enfermos graves).

Evaluación de las formas de respiración

Las formas de respiración de los enfermos sólo se pueden evaluar en comparación con las formas normales de respiración así como con las variantes normales de los adultos y los niños sanos. En este aspecto, no se pueden describir todas las formas de respiración de los sanos, es decir, la respiración en reposo, la respiración durante el habla, la respiración bajo excitación o bajo esfuerzos corporales (Ehrenberg y Siemon 1979).

Una desviación clara de la respiración así como de las formas de respiración de los sanos, por ejemplo una frecuencia respiratoria en reposo elevada (22 a 30/min), un uso intensivo de los músculos de ayuda respiratoria inspiratoria y espiratoria, unos movimientos respiratorios más torácicos y menos abdominales, y unos suspiros sobrevenidos repetidamente serán designados, por los médicos y los fisioterapeutas, como *defecto de la respiración*. Rechazamos este término porque sólo se orienta a los síntomas y expresa poco sobre las causas de la forma respiratoria correspondiente. Nosotros diferenciamos más que nada las formas de respiración típicas por causa de la enfermedad o propias de la personalidad del enfermo.

Nosotros calificamos las formas de respiración en las enfermedades con trastornos de la mecánica de la respiración como *formas de respiración condicionada*. La obstaculización del mecanismo de la respiración lleva a trastornos de la ventilación, que, en el caso de una dilatación disminuida del pulmón y el tórax, se denominan *tras-*

tornos de ventilación restrictivos y, en el estrechamiento de las vías respiratorias, como *trastornos de ventilación obstructivos* o trastornos de las vías respiratorias.

Forma de respiración condicionada por la restricción

La forma de respiración condicionada del enfermo con *trastornos de ventilación restrictivos graves y medios* se caracteriza por una elevada frecuencia respiratoria (24 a 40/min) y la sensación de falta de respiración a la hora de realizar esfuerzo corporales mínimos. Aclaración: El enfermo respira, con un pequeño volumen respiratorio, con el objetivo de disminuir su elevado trabajo de respiración debido a las condiciones de elasticidad incrementadas. Con ello el organismo se conforma con un incremento de la ventilación del espacio muerto, es decir, una gran parte del aire respirado no toma parte en el intercambio de gases. Para evitar un aireamiento menor (hipoventilación), se requiere un volumen respiratorio por minuto mayor que en los sanos, tanto en reposo como bajo esfuerzo. Esto les ocurre a los pacientes con una frecuencia respiratoria elevada. Las enfermedades que llevan a la restricción pueden ser: Fibrosis pulmonar, tumores pulmonares, estados tras la resección pulmonar, hoja parietal pleural aumentada y otras (Siemon y Ehrenbarg 1991).

Forma de respiración condicionada por obstrucción

La forma de respirar condicionada del enfermo con *trastornos obstructivos de ventilación* se caracteriza por un elevado trabajo respiratorio, es decir, un uso intenso las músculos de ayuda respiratoria inspiratorios y un uso de los músculos abdominales espiratorios tanto en reposo como bajo un esfuerzo corporal. El paciente muestra disnea, ruidos respiratorios accidentales típicos, movimientos paradójicos de las costillas inferiores (antagonismo diafragma – pared del tórax) y movimientos respiratorios más torácicos que abdominales. Aclaración: El enfermo, para la entrada y salida del aire, debe producir, para la superación de las elevadas resistencias en las vías respiratorias obstruidas, una diferencia de presión mucho más elevada que una persona sana. Para ello es preciso un uso más intenso de los músculos de respiratorios.

A través del estrechamiento de las vías respiratorias, la obstrucción espiratoria es más fuerte que la inspiratoria. Los pulmones se hinchan, en posición de inspiración, el diafragma aplanado se desplaza menos, lo que se hace patente en forma de unos movimientos de respiración abdominal reducidos. Los músculos intercostales, debido a la permanente posición de inspiración del tórax y en lo que concierne a su contractilidad, se vuelven insuficientes. Las enfermedades obstructivas pulmonar son: asma bronquial, bronquitis crónica obstructiva y enfisemas pulmonares obstructivos (Siemon y Ehrenberg 1991).

Forma de respiración expresa

Las formas de respiración como

expresión de *una tensión física elevada* (producidas por el miedo o el dolor, por ejemplo en las intervenciones quirúrgicas torácicas y abdominales, así como en las excitaciones físicas o en el llamado síndrome de respiración nerviosa) las denominamos también *forma de respiración expresa:* La forma de respiración se representa de la siguiente forma:

- Frecuencia respiratoria elevada que, con la relajación, puede disminuir.
- Predominio de movimientos respiratorios torácicos.
- Suspiros frecuentes.
- Sensación de no poder respirar.

Formas de respiración en las modificaciones del esqueleto torácico / fallos motores de los musculos de respiración

Las formas de respiración en las *modificaciones del esqueleto del tórax* (por ejemplo escoliosis torácica grave) o en los *fallos motores de los músculos respiratorios* (por ejemplo del diafragma) pueden mostrar:

- Asimetría torácica de los movimientos respiratorios.
- Limitada movilidad de las costillas
- Movimientos respiratorios paradójicos, como la reducción inspiratoria de toda la parte costal inferior, del espacio intercostal o del abdomen.
- Así como, en casos extremos, todos los signos de una forma de respiración condicionada.

Todas las formas de respiración pueden presentarse *en formas combinadas*. Para la elección de la técnica de tratamiento adecuada y para la evaluación de las perspectivas de éxito se da una diferencia esencial entre las formas de respiración causadas por una *fisiopatología* y las producidas por la *psique*. De ahí que un examen sistemático sea parte muy importante de la terapia de respiración fisioterapéutica.

Evaluación de los músculos respiratorios

S. Bänsch

Para una evaluación sistemática de la función de los músculos respiratorios se requieren tres modos distintos de actuar: Un examen visual, un examen táctil y una evaluación de la función. Sólo la sinopsis de estas tres partes posibilita una intervención adecuada en los trastornos funcionales de la respiración:

Examen visual

Hay que observar los modelos de movimiento respiratorios y las dimensiones del movimiento del cuello, el tórax y el abdomen en relación con la frecuencia respiratoria, el ritmo respiratorio y la vía respiratoria (nariz o boca). Esta observación se debe llevar a cabo desde distintas posiciones de partida (decúbito supino, decúbito prono, decúbito lateral, de pie o sentado), ya que se pueden producir distintos modelos de movimiento respiratorio dependiendo de la influencia de la acción de la gravedad. Es recomendable que el paciente lleve a cabo unos esfuerzos adecuados, ya que durante éstos se pueden producir fuertes modelos de movimiento respiratorio y posibles trastornos. Unos sig-

nos claros de *trastornos de la función* de la capacidad de los músculos respiratorios son:

- Capacidad de movimiento reducida así como fallos de movimiento en todos los campos (comparación lateral).
- Movimientos múltiples compensatorios o también utilización de los músculos de ayuda respiratorios (por ejemplo, en pacientes con trastornos neuromusculares son a menudo muy necesarios, puesto que su empleo en la inspiración no tiene por qué ser incorrecto, y, además, deben fortalecer y entrenar sus funciones).
- La sincronización defectuosa del diafragma y de los músculos intercostales.
- Se muestra unos músculos intercostales debilitados y paralizados durante la inspiración en la reducción del espacio intercostal a través de la "inspiración" diafragmática; en la presión torácica grave (por ejemplo al toser) se puede hinchar hacia fuera.
- Un diafragma débil o paralizado durante la inspiración reduce o impide la extensión del abdomen de la zona lumbar y de las zonas torácicas laterales. Por lo tanto se llega a una reducción del abdomen superior. Si sólo toma parte la mitad del diafragma, se pueden producir los correspondientes modelos de movimiento asimétricos (pero un examen preciso del diafragma sólo se puede obtener a través de un examen radioscópico). Si existe un debilitamiento del diafragma, los pacientes tienen una típica falta de respiración en el agua o al estar tumbados. Hay que tener en cuenta que los diagnósticos antes nombrados también son síntomas de un agotamiento de los músculos respiratorios.

Sin embargo, más adelante, la evaluación de la calidad del movimiento respiratorio no debe hacerse dependiendo de la función de los músculos respiratorios, sino también en conexión con:

- La posición / forma de la columna vertebral / deformidad del tórax y las modificaciones añadidas de la longitud muscular normal.
- La capacidad de movimiento del tórax óseo.
- La relajación / falta de relajación de todos los músculos del tronco y el cuello.

Examen táctil

Las contracciones de los músculos intercostales y el diafragma son extraordinariamente complicadas y no se pueden palpar. Se recomienda sólo palpar el movimiento resultante y su calidad. A través de la colocación de ambas manos (bilateral) del terapeuta sobre la zona del esternón se nota cualitativamente el movimiento de las costillas en dirección sagital y, en la zona lateral inferior del tórax, en dirección transversal. Sólo es posible un análisis diferencial del movimiento independiente de las costillas cuando con las yemas de los dedos se examinan independientemente los espacios intercostales (EIC) 1 a 10 en su aumento (inspiración) y disminución (espiración). De ello resulta una expli-

cación exacta de los posibles trastornos funcionales de los músculos intercostales.

Para la percepción de las reservas de energía de los músculos intercostales se puede trabajar con la misma técnica de posición de manos y yemas de los dedos, pero esta vez con el asentamiento selectivo de la resistencia de movimiento (adecuadamente dosificado).

Si se deben poner en práctica las reservas máximas de movimiento de la caja torácica, esto sucede a través de unas medidas de apoyo del movimiento en la inspiración máxima (por ejemplo en un alargamiento pasivo) y en la espiración máxima (por ejemplo al comprimir).

Se puede valorar (y controlar) la contracción del diafragma a través del movimiento resultante de los órganos abdominales hacia ventral, dorsal, lateral y caudal. Se dejan palpar especialmente bien los movimientos "alrededor", directamente por debajo del tórax. En posición de decúbito supino se produce, gracias al peso corporal del paciente, un movimiento contra resistencia para el diafragma. A través de una resistencia de movimiento adicional paravertebral se puede comprobar lo que se puede activar en la actividad motriz arbitraria.

Evaluación de la función

Los avisos sobre la capacidad de los músculos respiratorios del paciente se obtienen cuando se solicita a éste que realice diversas funciones que dependen de la respiración, tales como hablar, cantar, soplar, silbar, reír, gritar, toser, olfatear, oler, bostezar y "presionar". En todos los enfermos las funciones de inspiración y espiración deben ser distintas. Bostezar, suspirar, oler y olisquear están unidas a un movimiento de inspiración. Aquí los músculos de la inspiración realizan una contracción concéntrica. En la reducción o pérdida de fuerza de los músculos de la inspiración hay funciones que no sólo quedan limitadas en intensidad y calidad, sino que, además, muestran un modelo de movimiento respiratorio anormal y llamativo.

Olfatear y olisquear con movimientos de inspiración en *staccatto* a través de una estenosis nasal endógena es un buen criterio que controla la función del diafragma no sólo en su fuerza, sino también en elasticidad y actividad. Si el diafragma está debilitado, las elevaciones de inspiración cortas y rápidas, que se producen una tras la otra, no pueden ser llevadas a cabo, o lo son de forma muy debilitada, por el paciente.

Hablar, cantar, soplar o silbar van unidos a movimientos respiratorios frenados que requieren una "devolución" lenta del aire de la respiración para una duración larga de la fonación y del mantenimiento del tono (apoyo de tono y respiración). Los músculos de inspiración debe impedir, a través de una contracción excéntrica (fuerza refrenada), un rápido hundimiento de la caja torácica. Una fuerza de contracción excéntrica defectuosa produce, en una duración de fonación y tono corta, a una voz baja y débil.

Un volumen respiratorio demasiado bajo, una frecuencia respiratoria

elevada y una fuerza de contracción excéntrica defectuosa limitan las funciones de espiración al toser, carraspear, gritar, reír o "presionar".

Exploración de la respiración

En la tabla de las páginas 239 y 240 se describe el esquema de una exploración (diagnóstica) de la respiración.

2.5.5. Posición corporal terapéutica

Posiciones corporales que favorecen la respiración

Los pacientes con disnea buscan por sí mismos, en los casos de fallo respiratorio, posiciones corporales en las que encuentren alivio a la hora de respirar (predominantemente los asmáticos con accesos, pacientes con enfisema tras un esfuerzo, pacientes con fibrosis pulmonar).

En la Figura **2.114 a-j** se representan, entre las posiciones que alivian la respiración, las que son más comunes, por ejemplo:

- Postura del cochero y postura del cochero modificada (Figura **2.114 a** y **b**).
- Colocación del antebrazo sobre la barandilla de la escalera, sobre el respaldo de una silla.
- Apoyar los brazos en una mesa.
- Sentado delante de una mesa con los brazos y la cabeza colocados a la altura de los hombros (Figura **2.114 f).**
- Postura talones-codos con las rodillas separadas, como en la posición de vientre para abajo de los niños (Figura **2.114 c).**
- Sujeción de los brazos sobre el talle (la cintura).
- "Abrazo" de un árbol, por ejemplo, durante un paseo.
- Sentado en el borde de la cama apoyando los brazos detrás de los glúteos.
- Sentado en la cama apoyando la espalda de forma erguida, brazos colocados a los lados (Figura **2.114 e).**
- Decúbito lateral en la cama con la parte superior del cuerpo elevada y apoyada sobre los brazos.
- Colocación de las manos enlazadas sobre la cabeza o cruzadas detrás del cuello.
- Apoyo sobre un bastón o un paraguas (Figura **2.114 j)**.
- Apoyo, colocado de forma lateral y con un brazo, en una pared, el otro brazo está apoyado en el talle.
- Descolgar los brazos hacia detrás, por encima del respaldo de una silla o de un banco (Figura **2.114 i).**
- Posición del portero de fútbol (Figura **2.114 g**).
- Sentarse sobre los talones y colocación de los brazos sobre un balón de Pezzi (Figura **2.114 d**).
- De pie en posición de dar un paso, brazos a la altura de los hombros apoyados en la pared (Figura **2.114 h**) y otras.

Los pacientes muchas veces ya han encontrado sus "propias" posturas corporales, posturas de las que el terapeuta también puede hacer uso, por ejemplo con la percepción de los movimientos respiratorios abdominales, presa cutánea, aplanamiento intercostal, freno de los labios.

En situaciones de falta de respira-

Exploración fisioterapéutica de la respiración.

Nombre del paciente:
Edad:
Profesión:

Prescripción:
Terapeuta:
Fecha:

Diagnóstico:

1. Anamnesis:

Encuesta al paciente sobre el comienzo de la enfermedad, su curso, enfermedades que la acompañan, molestias, operaciones, factores de riesgo (fumador). Conocimiento sobre la **terapia medicamentosa** (valoración de una osteoporosis inducida por esteroides), **condiciones del hogar** (escaleras, ascensor), **técnicas de autoayuda** (¿conocimiento de la terapia respiratoria, de las posiciones corporales que favorecen la respiración, técnicas de relajación?). Valoración de la **situación psíquica** y la **motivación** del paciente. Primera interpretación del **diagnóstico médico** como la auscultación/percusión de los pulmones, examen de la función pulmonar, análisis de gases en sangre, radiografía de tórax.

2. Molestias:

Falta de respiración: En reposo, durante o tras un esfuerzo físico, tras un ataque de tos, después de largas fases de habla, al reír, por excitaciones mentales, con el frío, la niebla, el humo, **miedo** en situaciones de falta de respiración, **tos** productiva e improductiva, acompañamiento de síncopes de tos, color y consistencia de los **esputos**, **dolores** al respirar. En una **insuficiencia ventilatoria** y en **apnea del sueño** el paciente puede también quejarse de trastornos en el sueño, dolores de cabeza matutinos, somnolencia, adinamia durante el día.

3. Forma de respiración (modelo respiratorio)
en reposo y esfuerzo/
indicar tipo de esfuerzo:

Vías respiratorias: Nariz / boca, boca / boca.
Frecuencia respiratoria: Normal, elevada.
Ruidos respiratorios accidentales: Estertores sibilantes, estridor.
Movimientos respiratorios: Abdominal hacia ventral, lateral, lumbo-dorsal, torácico hacia craneal, ventral, lateral, dorsal.
Uso de los músculos de ayuda respiratorios: Inspiratorios, espiratorios
Ritmo respiratorio: Discreto, respiración alargada, falta de pausas endoespiratorias, suspiros frecuentes, cambio de aspiraciones superficiales a profundas.

3. Forma de respiración:

Formas de hablar: Modos de respiración acortada / hablar entrecortado / voz opaca / ronca (¿por mucosidades?, ¿paresia recurrente?).
Antagonismo diafragma – pared del tórax: (signo de Hoover)
Encogimiento inspiratorio: Intercostal, yugular
Muestras de insuficiencia respiratoria: Alternancia respiratoria, encogimiento inspiratorio del abdomen, respiración frecuente corta y superficial, carencia de accesos de tos, voz baja y débil, duración corta de la fonación.

4. Músculos respiratorios

Valoración de fuerza del diafragma y de los músculos intercostales en distintas posiciones de partida, concéntrica y excéntrica, hipertono muscular y acortamiento en el ámbito de los músculos respiratorios y de ayuda respiratoria.

5. Posición del cuerpo: Posición de partida preferida por el paciente para un alivio de la respiración, contraindicaciones por la posición corporal, por ejemplo, cabeza en posición hundida.

6. Movilidad y forma del tórax: Evaluación de la **forma del tronco** (ejemplo tórax en barril), columna vertebral (por ejemplo escoliosis, bloqueo de la articulación vertebrocostal).

7. Medida del contorno del tórax: Sólo en restricciones torácicas.

Punto de medida	Inspiración máxima	Espiración máxima	Diferencia
Axila			
Extremo del esternón			
5 cm por debajo del extremo del esternón			

8. Rendimiento / Capacidades Información del paciente, resultado de la prueba de esfuerzo; si fuera el caso, realización de programas de esfuerzo (recorridos a pie), tiempo de recuperación tras el esfuerzo (¿cuánto tiempo se mantiene la disnea?).

9. Diagnóstico general: **Estado de fuerzas:** Bueno, reducido, caquexia.
Peso: En comparación con la altura: normal, sobrepeso; por debajo del peso.
Expresión de cara: Relajada, atenta, tensa.
Transcurso del movimiento: Coordinado, descoordinado.
Color de la piel (general) / Cianosis: ¿Cambios bajo esfuerzo?
Pulso, tensión sanguínea: ¿Cambios bajo esfuerzo?

10. Musculatura general: Hipertono muscular y atrofias en la zona del tronco y las extremidades.

11. Piel / Tejido conjuntivo: **Diagnóstico del tejido conjuntivo:** Diagnóstico visual y táctil de las zonas del tejido conjuntivo (ver allí).
Piel: Temperatura, consistencia, erupciones, cicatrices.

12. Varios: Posibilidades de otros aspectos que no se han tenido en cuenta durante la exploración.

ción, por ejemplo por un ataque de asma grave, hay que tener en cuenta que se debe conseguir una posición del enfermo que debe ser la *adecuada para el enfermo* y no *para el terapeuta.*

Las posiciones corporales que alivian la respiración *aparecen* asociadas a las siguientes circunstancias:

1. Si los brazos están colocados, aproximadamente a la altura de los hombros, eventualmente por encima de la cabeza, la *cavidad torácica se descarga del peso de los huesos del hombro (cintura escapular) y se expande en la posición de inspiración.* El pulmón, que debido a la obstrucción está sobrehinchado (la posición media de respiración se ha desplazado hacia la inspiración) se puede hinchar con más fuerza. Los bronquios estrechados (que por la posición de inspiración en la que se encuentra el pulmón se han desplazado) se ensanchan adicionalmente. La *elevada resistencia de las vías respiratorias desciende algo.* Los pacientes tienen la sensación de que en esta posición pueden respirar mejor, y *el trabajo de respiración disminuye.* Esto corresponde al conocimiento de la fisiopatología de que, en la obstrucción de las vías respiratorias, la inspiración en una posición media de inspiración elevada no es sólo una consecuencia, sino también una compensación de la limitada obstrucción endobronquial (aumento adicional de la capacidad funcional residual).
2. Si el abdomen cuelga hacia delante (por ejemplo en la posición de rodillas-codos) la fuerza de la gravedad ejerce sobre la bolsa abdominal, y con ello sobre el diafragma, una fuerza dirigida hacia ventral, a través de la cual aumenta el *sinus phrenicocostalis* (costodiafragmático) dorsal y *el pulmón se puede desarrollar hacia dorsal.* La parte dorsolateral del pulmón posee una gran elasticidad.
3. Con una *musculatura relajada de la espalda* (por ejemplo sentado delante de una mesa con los brazos apoyados) las costillas dorsales están descargadas de su tensión (m. iliocostal): Las costillas se pueden mover sencillamente hacia dorsal y aumenta el diámetro transversal de la cavidad torácica (las costillas inferiores facilitan el llamado movimiento de traslación hacia dorsal al inspirar). Como consecuencia del mínimo trabajo muscular de la musculatura de la espalda se necesita *menos energía y menos oxígeno.*
4. A través del apoyo de los hombros el paciente ayuda a *la función de los músculos respiratorios auxiliares* en casos de situaciones graves de falta de respiración. Al mismo tiempo se reduce el peso de los huesos de los hombros sobre la cavidad torácica, lo que evita un descenso rápido del tórax en la espiración.

Posiciones para la activación de los músculos respiratorios

A continuación se va a describir, desde una posición de *decúbito supi-*

no, una posibilidad que, a través de la adopción de distintas posiciones de partida, activará y reforzará los músculos de la respiración, basicamente el diafragma.

La pared torácica anterior y la pared abdominal están oprimidas por el peso corporal. La acción de la gravedad ejerce sobre la bolsa abdominal una presión sobre el diafragma hacia craneal, de modo que al final de la espiración, es decir, en la posición de reposo de la respiración, entra en la cavidad torácica. Para el tamaño de la excursión del diafragma es determinante la dimensión del máximo desarrollo. De ahí que, en decúbito, la excursión del diafragma sea mayor que al estar sentados o de pie. Hay que reconocer los grandes movimientos de respiración abdominal al estar tumbado en comparación con los mismos al estar de pie o sentados. Estas grandes excursiones del diafragma tienen el siguiente significado en decúbito supino: El diafragma, en su contracción, ejerce una presión, en dirección caudal, sobre los órganos del abdomen. Estos empujan hacia ventral contra el soporte y elevan el cuerpo sobre la bolsa abdominal. El diafragma realiza en la *inspiración un verdadero trabajo de resistencia*, lo que se interpreta como un entrenamiento de fuerza concéntrica, especialmente cuando, a través de técnicas de inspiración, como por ejemplo "olisquear", el uso de la fuerza del diafragma se eleva. En la relajación del diafragma (tal y como se ha descrito arriba) el peso de los órganos del abdomen y del tronco, ejerce una presión hacia craneal contra el diafragma. Con ello se apoya la espiración –aspecto mecánico– (Ehrenberg 1976).

Posición de extensión

Las siguientes posiciones de extensión y posiciones de extensión en giro de Schaarschuch (Haase y colaboradores 1985) pueden utilizarse, entre otras técnicas, en la terapia de respiración fisioterapéutica:

- *Posición de extensión:*
  Posición lunar (tambien posición en C, o lateral (Figura **2.115 a**).
- *Posición de extensión en giro*
  Posición de extensión inferior, posición de extensión de espaldas (Figura **2.115 b**), posición de extensión de pecho (Figura **2.115 c**).

(Véase terapia de resolución para el desarrollo de la posición de extensión y las posiciones de extensión de giro R. Pflaum-editorial).

Se adoptarán las siguientes formas de actuar:

1. *Reducción de una resistencia elevada del tejido en la piel y en los músculos de la parte superior del cuerpo:*
   El paciente permanece de 5 a 20 minutos en posición de extensión, lo que supone que la piel y los músculos están en el límite de su elasticidad (esto se puede fomentar con diversas medidas como "presas cutáneas" y extensiones pasivas y activas del tronco y las extremidades).

En las dolencias con elevado trabajo de respiración (por ejemplo limitación de la mecánica de respiración), la reducción de la resistencia de los tejidos puede llevar al paciente a *un*

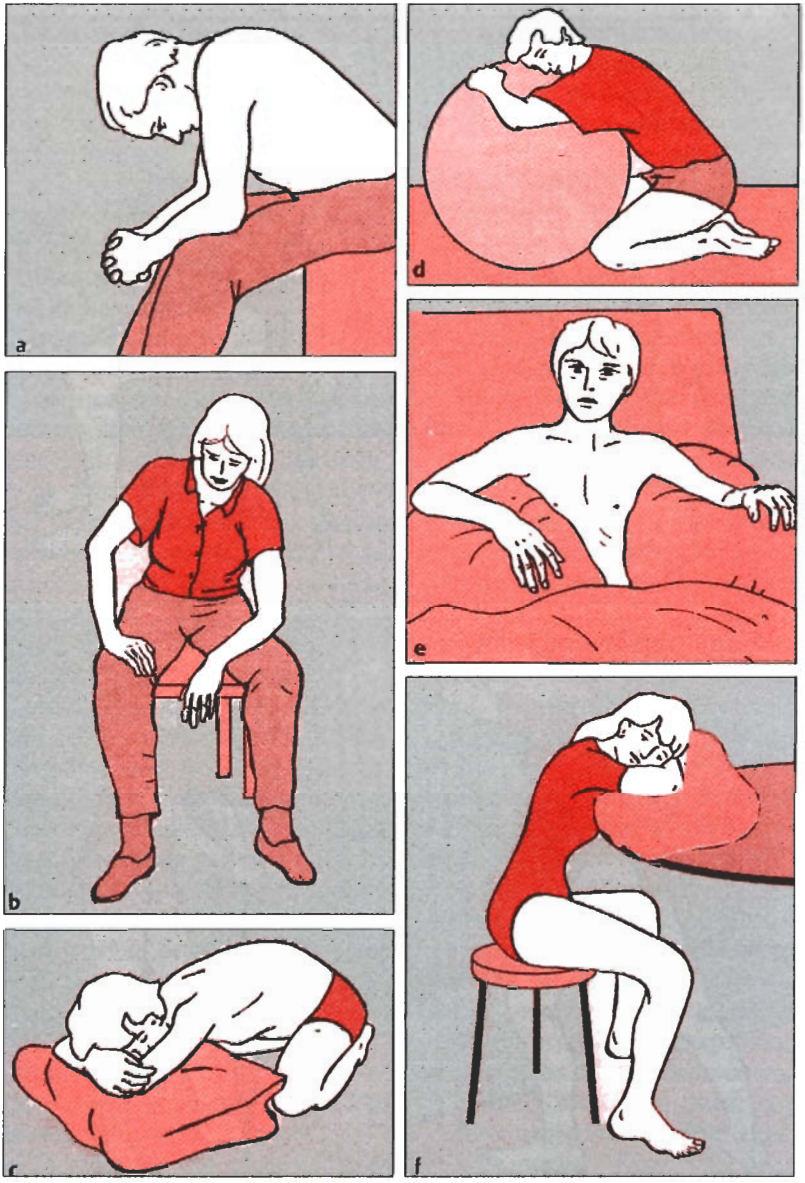


Figura 2.114 a-e: *Posiciones corporales que favorecen la respiración:* ***a*** *Posición del cochero.* ***b*** *Posición del cochero modificada.* ***c.*** *Posición de vientre caído en niños.* ***d*** *Posición sobre los talones y apoyo sobre un balón de Pezzi.* ***e*** *Sentado en la cama con una posición de espalda erguida.*

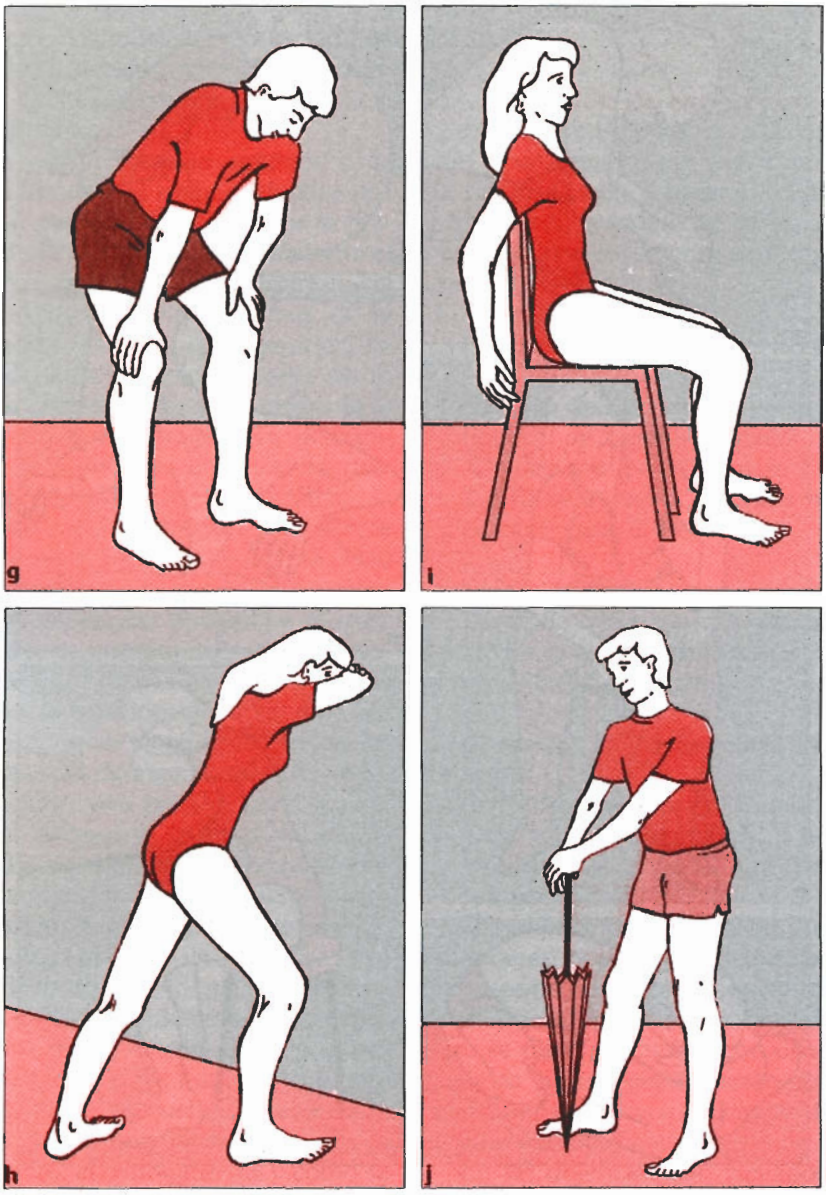


Figura 2.114 f-j: ***f*** *Sentado delante de una mesa con la cabeza apoyada sobre los brazos.* ***g*** *Posición del portero de fútbol.* ***h*** *De pie en posición de dar un paso brazos a la altura de los hombros apoyados en la pared.* ***i*** *Sentado con los brazos colgando hacia atrás.* ***j*** *Apoyo sobre un paraguas.*

alivio temporal de la respiración, ya que, con el mismo esfuerzo de los músculos inspiratorios, se puede conseguir un mayor ensanchamiento de la cavidad torácica.

2. *Creación de un estado psico-físico distendido con una mejora de la capacidad de relajación y de la percepción corporal:*

El paciente dirige su atención a la extensión.

Se produce un empobrecimiento del estímulo externo en una percepción corporal simultánea y elevada, donde la *percepción de los movimientos respiratorios* es un factor esencialmente localizado. En esta concentración el paciente puede experimentar un estado agradable y distendido. El enfermo intimidado por estímulos crónicos tensos producidos por dolores o insuficiencia respiratoria se queda calmado, es decir, más tranquilo: El paciente inactivo, cansado y somnoliento se vuelve despierto y activo. La intranquilidad, el nerviosismo y la somnolencia pueden originar en los pacientes sensibles una enfermedad agotadora. Además, se puede llegar a molestias ortostáticas, malestar, intranquilidad, palpitaciones, disnea y elevada en reposo (según la regulación en una dirección trofotropa o ergotropa).

3. *Descenso de la resistencia de las vías respiratorias:*

Las posiciones de extensión y extensión en giro pueden reducir las elevadas resistencias de circulación en pacientes con obstrucciones débiles, porque el tórax se encuentra en una posición de inspiración y los bronquios están dilatados (véase apartado relativo a posiciones del cuerpo que favorecen la respiración). A través de la relajación y la resolución se disminuye en estos enfermos, durante y después de la posición de extensión, la frecuencia respiratoria, lo que adicionalmente apoya la disminución de la resistencia de las vías respiratorias.

4. *Cambio de la forma de respiración*

Las posición de extensión y extensión con giro dan como resultado, si se repiten constantemente, una vía automática de cambio de una forma de respiración torácica acentuada a una *forma de respiración abdominal*, generandose así, y a través de un uso mejorado del diafragma, unos movimientos de respiración más económicos. De igual modo es válido para la posición con rodillos, que se puede practicar varias veces a la semana como "postura de perseverancia".

5. *Mejora de la ventilación:*

Tras la posición de extensión se llega a una mejora del aireamiento pulmonar, porque se dilatan las atelectasias y/o se incrementa el seno costodiafragmático y/o se facilita la salida de secreciones.

Tras la posición de extensión el paciente se *concentra en su sentimiento corporal*, por ejemplo se le pueden formular las siguientes preguntas, a las que él debe contestar:

- ¿Cómo siente la parte estirada? Más caliente, más fría, más larga, más corta. ¿Está más elevada o más hundida?.
- ¿Ha variado la respiración? Más lenta, más rápida, más profunda, más superficial. ¿Se ha aliviado la respiración de la parte extendida?

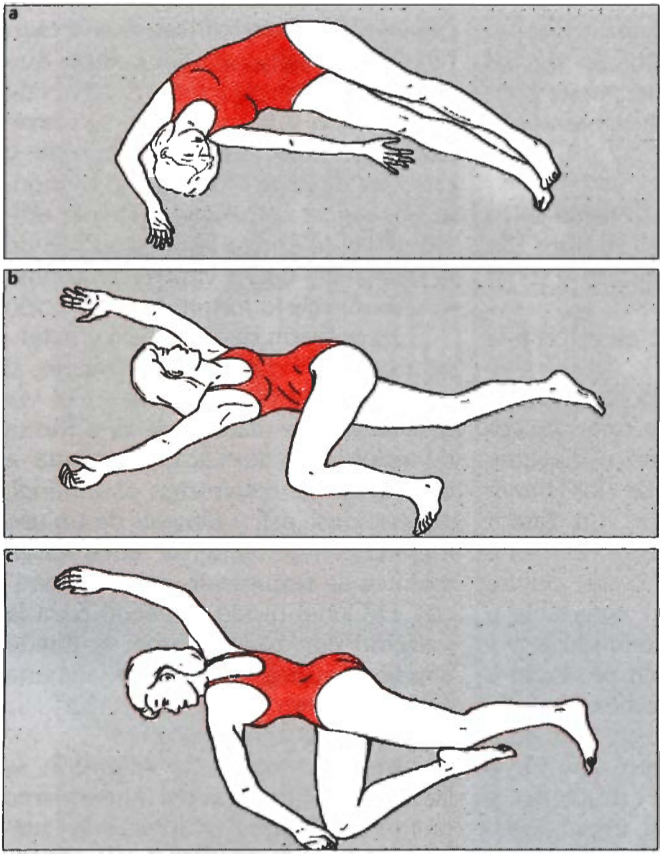


Figura 2.115 a–c: *Posición de extensión:* ***a*** *Posición de media luna o posición en C.* ***b*** *Posición de extensión de espaldas.* ***c*** *Posición de extensión de pecho.*

En este capítulo no se verá con detenimiento el tratamiento de los trastornos en la columna vertebral por medio de la posición de extensión.

Posición de drenaje

Las posiciones de drenaje son posturas en las que las zonas periféricas de los bronquios se encuentran situadas por encima de las zonas centrales, los bronquios están desviados y lo más verticalmente posible deben acercarse al bronquio más grueso que esté más cercano. Así, con la ayuda de la gravedad, se facilita la desviación de las secreciones bronquiales, se pueden llevar a cabo aspiraciones profundas, percusiones, presa cutánea y vibraciones, así como empleo del calor.

Indicaciones: Las posiciones de drenaje se usan en enfermedades que cursan con gran cantidad de esputos, como fibrosis quística, bronquitis crónica, neumonía, bronquiectasia, así como también atelectasia aguda de un lóbulo pulmonar (ver el tipo específico).

Contraindicaciones: Los pacientes con insuficiencia cardíaca, hiperto-

nía aguda, edemas cerebrales, edemas pulmonares, descompensaciones cardíacas y a veces también disnea no pueden adoptar una postura hundida de la cabeza, ya que en estas enfermedades la influencia de la fuerza de la gravedad puede actuar de forma contraproducente.

Preparación y realización: El tratamiento debe llevarse a cabo, siempre que sea posible, antes de las comidas, o deben haber transcurrido aproximadamente unas dos horas desde la última ingestión de alimentos. Los pacientes deben ser conscientes de la parte del día en que la cantidad de mucosidad es más elevada y llevarán a cabo la posición de drenaje dos o tres veces al día durante un período de 20 a 30 minutos. En la forma intensiva, y según las posibilidades, el paciente, antes de tumbarse, debe toser y aspirar, de modo que la secreción bronquial no se deposite en otras partes del pulmón. El drenaje comienza con las partes del pulmón más afectadas y acaba con las que muestran menos modificaciones (Figuras **2.117** a **2.127**). La eliminación de mucosidades es con frecuencia más efectiva cuando, antes de tumbarse se inhalan medicamentos broncodilatadores.

Las camas antivuelco son los medios de ayuda adecuados para, por ejemplo, el drenaje del lóbulo inferior derecho y el lóbulo medio, segmento laterobasal: En la figura se muestra como ejemplo la posición de decúbito lateral izquierdo con soporte sobre rodillos (Figura **2.128**).

Los *efectos de drenaje inespecíficos* se consiguen también a través del apoyo sobre un balón de Pezzi, una superficie inclinada, sobre rodillos o través del descolgamiento de la cama así como de la camilla.

Cambio de posición

La modificación sistemática de la postura corporal se denomina "cambio de posición". El tiempo de postración varía de tres minutos a 1-2 horas.

La posición corporal puede ser variada por el mismo paciente o ayudado por la fuerza del terapeuta, por ejemplo, de una posición de decúbito supino a una de decúbito lateral, decúbito prono, sentado, de la cama a la silla de ruedas.

Se pueden esperar los siguientes *efectos* cuando se cambia de posición a un paciente que guarda cama:

1. *Elevación temporal de la irrigación pulmonar especial redistribución sanguínea en la hipostasis:*

La circulación pulmonar pertenece al sistema de baja presión. Está sujeta a la acción de la gravedad. La figura **2.129**, de la publicación americana de Shapiro, muestra que los capilares situados abajo se llenan mejor. Un cambio de la posición corporal en pacientes que guardan cama supone una redistribución de la sangre pulmonar de las partes implicadas. A través de ello se evita una hipóstasis en las partes pulmonares situadas abajo y disminuye la predisposición a una *neumonía hipostática.*

2. *Mejora de las relaciones de ventilación – irrigación circulatoria alteradas:*

La sangre en el pulmón sólo puede difundirse íntegramente, con suficiente

oxígeno y con la liberación de dióxido de carbono, cuando la ventilación y la irrigación sanguínea se encuentran en una relación adecuada. Una obstaculización de la relación ventilación – irrigación circulatoria es uno de los trastornos más corrientes de la función respiratoria. La sangre, que fluye a través de la zona alveolar poco ventilada y cerrada, no toma parte en el intercambio de gases, contiene poco oxígeno y bastante dióxido de carbono. Esta sangre se denomina *sangre – shunt* y el proceso se denomina *shunt de derecha a izquierda*. La consecuencia es una disminución de la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial con una presión de dióxido de carbono normal (insuficiencia respiratoria parcial) En la terapia respiratoria es por ello importante que la disminución de la ventilación alveolar y la irrigación sanguínea por un cambio de posición se traten con técnicas de respiración y ayudas respiratorias con aparatos.

3. *Mejora de la limpieza bronquial / impedimento para la acumulación de secreciones:*

Llevamos al paciente, por ejemplo, de la posición de decúbito supino a la posición de decúbito lateral; de este modo se espera que, en la hipercrinia, se dé un transporte de las secreciones desde la zona lateral periférica de la zona pulmonar superior a la gran zona bronquial central y a la tráquea. Adicionalmente se pueden llevar a cabo otras medidas que promuevan las secreciones como vibraciones, aspiraciones profundas y aplicaciones calientes.

La mejora de la ventilación, la irrigación de la sangre y la eliminación de secreciones en el pulmón y las vías respiratorias representa una aportación considerable para la *profilaxis de la neumonía.*

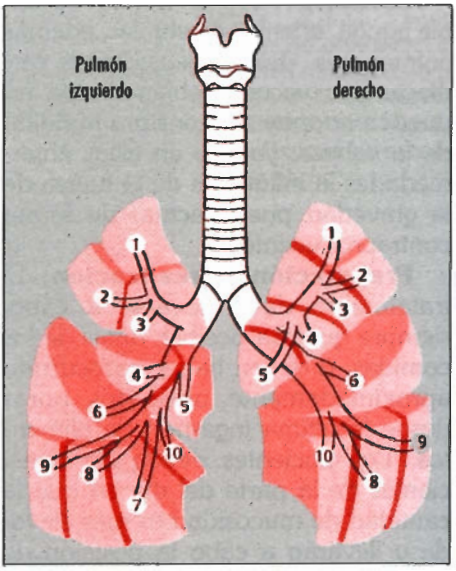


Figura 2.116: *Lóbulos pulmonares y segmentos broncopulmonares: Lóbulo pulmonar superior derecho: 1 segmento apical (vértice pulmonar), 2 segmento posterior y 3 segmento anterior; lóbulo medio: 4 segmento lateral y 5 segmento medio; lóbulo inferior derecho: 6 segmento apical, 7 segmento mediobasal, 8 segmento anterobasal, 9 segmento laterobasal y 10 segmento posterobasal; lóbulo superior izquierdo: 1 segmento apical, 2 segmento posterior y 3 segmento anterior; 4 segmento lingular superior y 5 segmento lingular inferior; lóbulo inferior izquierdo: 6 segmento apical, 8. segmento anterobasal, 9 segmento laterobasal y 10 segmento posterobasal. El segmento mediobasal falta en el pulmón izquierdo.*

4. *Mejora de la reabsorción dorsal de exudados pleurales:*

De los pacientes que se han some-

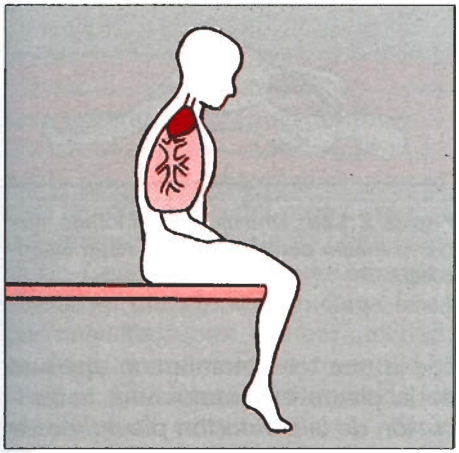


Figura 2.117: *Drenaje para los segmentos apicales de los dos lóbulos superiores: Sentado.*

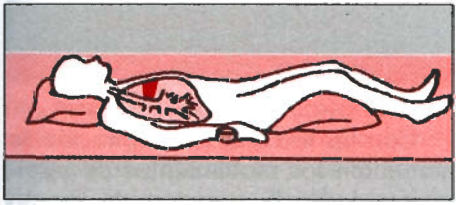


Figura 2.118: *Drenaje para los segmentos anteriores de los dos lóbulos superiores: Decúbito supino.*

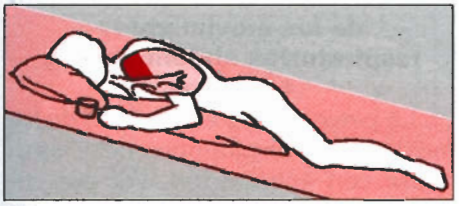


Figura 2.119: *Drenaje para el segmento posterior del lóbulo izquierdo: Decúbito lateral hacia la derecha, ¼ de giro sobre la posición abdominal.*

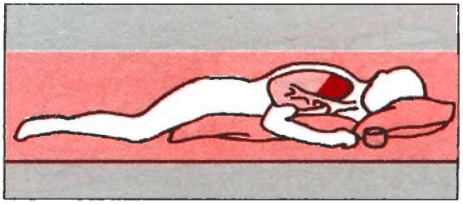


Figura 2.120: *Drenaje para el segmento posterior del lóbulo dercho: Decúbito lateral hacia la izquierda, ¼ de giro sobre la posición abdominal.*

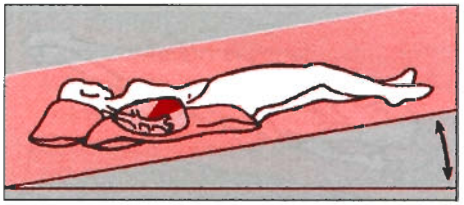


Figura 2.121: *Drenaje para el lóbulo medio: Decúbito lateral hacia la izquierda, ¼ de giro sobre la posición abdominal, cabeza más baja que los pies.*

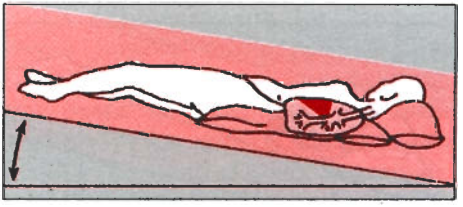


Figura 2.122: *Drenaje para la língula: Decúbito lateral hacia la derecha, ¼ de giro sobre la posición abdominal, cabeza más baja.*

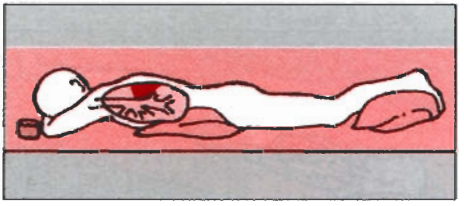


Figura 2.123: *Drenaje para los segmentos superiores de ambos lóbulos inferiores: Decúbito prono.*

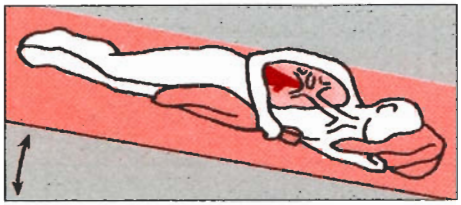


Figura 2.124: *Drenaje para el segmento lateral del lóbulo inferior derecho: Decúbito lateral izquierdo, cabeza más baja.*

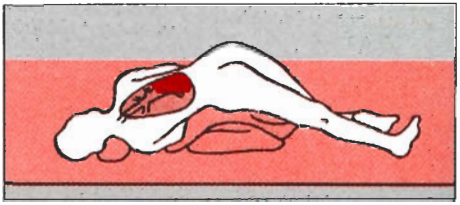


Figura 2.128: *Drenaje para el lóbulo inferior y medio derecho del segmento laterobasal.*

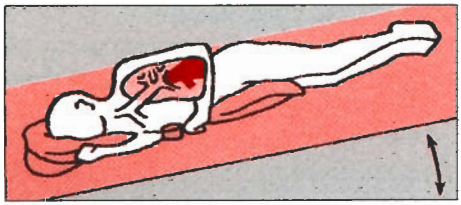


Figura 2.125: *Drenaje para el segmento lateral del lóbulo inferior derecho y del segmento medial del lóbulo inferior derecho: Decúbito lateral derecho, cabeza más baja.*

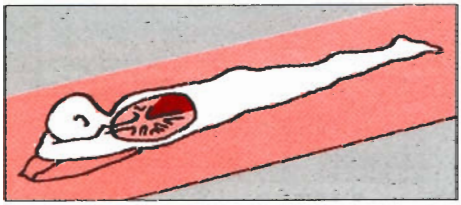


Figura 2.126: *Drenaje para el segmento posterior de ambos lóbulos inferiores: Decúbito prono, cabeza más baja.*

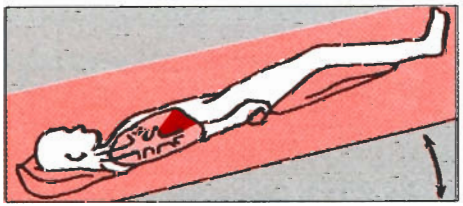


Figura 2.127: *Drenaje para el segmento anterior de ambos lóbulos inferiores: Decúbito supino, cabeza más baja.*

tido a una toracotomía con apertura de la pleura esperamos una *redistribución de la exudación pleural* desde las partes pleurales dañadas y lastimadas hacia la parte pleural intacta. Por ello se debe ayudar a la reabsorción de los exudados, lo que sólo es posible a través de una pleura intacta.

2.5.6. Técnicas de respiración

Técnicas de inspiración

Con las técnicas de inspiración se aumentan los movimientos de inspiración desde la posición de reposo respiratorio para incrementar el ámbito del volumen de la reserva inspiratoria.

Inspiración profunda y pausada a través de la nariz con aumento de los movimientos respiratorios abdominales y torácicos

La percepción y el aumento de los movimientos respiratorios debe estudiarse con anticipación. Por *percepción de los movimientos respiratorios* se entiende la atención activa por parte del paciente de los movimientos respiratorios abdominales, y en parte

de los torácicos, en las diversas direcciones, en el ritmo respiratorio y en la vía nasal. La concentración en el proceso respiratorio produce, a través de una organización consciente, una reducción de la capacidad de percepción del entorno o del propio interior del cuerpo del paciente (información). Capacita al paciente para distraerse en situaciones con carga física por angustia, dolor o intranquilidad, es decir, a mantenerse tranquilo y relajado. El aumento arbitrario de los movimientos respiratorios, es decir, aspiraciones más profundas dentro de un ritmo respiratorio normal, se lleva a cabo con un mínimo de actividad muscular.

Para evitar la *hiperventilación* el paciente debe inspirar profundamente sólo cuatro a cinco veces seguidas y, entre tanto, debe mantener inspiraciones de intensidad normal. Si se producen trastornos de distribución respiratoria en el pulmón (por ejemplo: en un período postoperatorio o en obstrucciones pulmonares distribuidas de forma irregular por el pulmón) es importante una inspiración lenta y una parada respiratoria en la inspiración (1-2 segundos). Entonces el aire tiene tiempo para repartirse por los alvéolos.

Diferenciamos:

- Percepción de los movimientos respiratorios *sin* aumento del volumen respiratorio.
- Percepción de los movimientos respiratorios *con* aumento del volumen respiratorio (= inspiraciones profundas en estado de descanso corporal / estímulo de ventilación).

La percepción se produce por medio de:

Concentración en el contacto táctil a través de la mano del paciente o del terapeuta.

- *Información verbal* a través del llamado texto básico (Ehrenberg 1975), es decir, de textos de aprendizaje previamente ensayados o con las propias palabras del que realiza el tratamiento.

La enseñanza con los llamados *textos básicos* es, según Ungerer (1973), un programa de aprendizaje por pasos que requieren un texto mínimo. A los cientos de pacientes que han probado el texto de aprendizaje (Ehrenberg 1975) se les facilita una percepción rápida y un procedimiento que favorece, incluso en niños a partir de cuatro a seis años, una

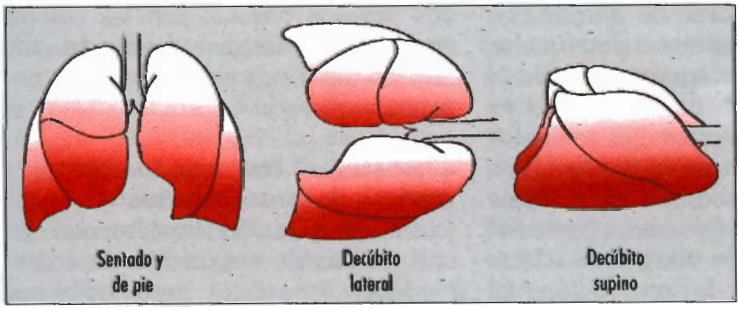


Figura 2.129: *Fuerza de la gravedad, posición corporal e irrigación sanguinea pulmonar (de Shapiro).*

mentalización de los movimientos respiratorios. Si el paciente ha aprendido los movimientos respiratorios, puede comenzar con el contacto táctil. La atención del paciente en la percepción del ritmo respiratorio y de la corriente de aire en la nariz conduce, con palabras, a determinadas sensaciones.

Ejemplo para textos básicos de percepción de movimientos abdominales hacia ventral:

Posición corporal

Decúbito lateral, decúbito supino o sentado en una silla apoyado sobre el respaldo (Figura **2.130**). La mano del paciente en la región del ombligo.

Información previa

¿Sirve la delimitación de la conciencia de los movimientos respiratorios con las palabras: siento mi mano caliente o fría, ligera o pesada?

Secuencia compleja

Inspiración y espiración constituyen un episodio compuesto por dos partes y se realizan conscientemente con las palabras: ¿se mueve mi abdomen hacia delante y hacia atrás sin mi voluntad?

Ampliación de secuencia

¡Haga, de una forma reposada, el movimiento más amplio! ¡Perfecto! Repítalo dos o tres veces.

Antes del proceso de aprendizaje hay que aclarar las reglas para que se dé una rápida percepción, es decir, el paciente no debe contestar y, si es posible, debe cerrar los ojos (o fijarlos en un punto del techo o del suelo).

Durante el proceso de aprendizaje se pueden insertar conversaciones sobre la percepción y se puede aclarar la mecánica de la respiración. El aumento correcto del movimiento de respiración (ampliación de la secuencia) lo debe confirmar el fisioterapeuta (¡Correcto!). Y, paulatinamente, se debe perder el contacto con la mano. ¡Para evitar la hiperventilación sólo hay que respirar profundamente unas cinco veces!

La percepción de los movimientos respiratorios se puede apoyar mediante de la toma de presas cutáneas (consultar).

Las inspiraciones profundas con entrenamiento de percepción se pueden utilizar, generalmente, en todos los ámbitos clínicos. La preferencia por los movimientos abdominales suele darse en el campo quirúrgico, sobre todo en la cirugía torácica.

Olisqueando (olfateando) se inspira un volumen respiratorio muy grande

Con ello se agita el aire que está en la región nasal inferior hacia la región olfatoria superior y permanece más tiempo en la nariz. Esto también se puede unir a la idea "oler algo, querer olisquear". Aquí se exige de forma intensiva al diafragma.

Inspirar con estenosis nasal

Taponamiento de uno o de los dos orificios nasales con las yemas de los dedos; téngase en cuenta que esto no debe suponer un trabajo respiratorio elevado.

"Bostezar" inspirando con los labios cerrados

La "inspiración bostezando" es una técnica de inspiración de enfermedades específicas para enfermos

con obstrucciones de los bronquios por espasmos, edemas de las mucosas y secreciones. Inspirar bostezando con los labios cerrados produce un descenso / inclinación de la laringe y un ensanchamiento de la garganta. Las vías respiratorias superiores están ensanchadas, el aire fluye de modo lento. Las mediciones con el pletismógrafo corporal han mostrado un descenso de las elevadas resistencias de las vías respiratorias tras la respiración con bostezo (Siemon y colaboradores 1973). Después de varias etapas de aprendizaje los pacientes aprenden la inspiración con los labios cerrados, a percibir la retirada de la lengua y el descenso inspiratorio del suelo de la boca y de la laringe, y a concentrarse en los movimientos respiratorios abdominales. Tras una corta parada respiratoria al final de la inspiración con bostezo, se espirará a través de la nariz o de un *freno labial dosificado*.

Técnicas de espiración

Entendemos por técnicas de espiración la espiración contra resistencia en el llamado tubo orofaríngeo (espacio de la boca, la nariz y la faringe hasta la glotis) hasta la zona del volumen de reserva espiratoria.

Espiración con sonidos y ruidos

Las *técnicas de fonación*, formas sonoras y ruidosas de la espiración, se utilizan para alargar la espiración, para mejorar el trabajo de parada de los músculos inspiratorios y para favorecer el transporte de secreciones, originando un estado relajado y distendido.

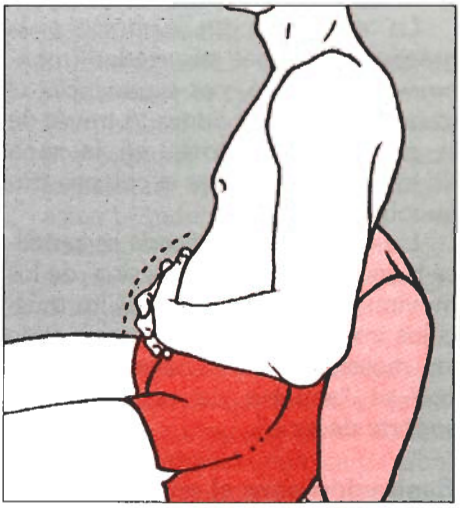


Figura 2.128: *Percepción de los movimientos respiratorios sentado hacia ventral.*

Diferenciamos entre:

- *soplar* (freno labial largo) y *ruidos afónicos* (ff, sch) con la glotis abierta y
- *sonidos fónicos* como "m", "o" "s" sonora, con posición de tono de la glotis,
- canciones, textos y juegos de habla (Ehrenberg 1989).

Con los *sonidos sordos*, como "ff" y "sch" se practica una espiración *larga*. Esto lo requerimos, por un lado, para un transporte de secreciones y, por el otro, se puede promover una pausa endoespiratoria en conexión con técnicas que alivian y relajan. En pacientes con sistemas bronquiales inestables se emplea el *freno labial dosificado*. A veces se puede observar, tras una espiración alargada, una inspiración profunda, siempre que no resulte elevada la frecuencia respiratoria.

La *espiración en susurros* y la práctica de sílabas susurradas (mon-mon-mon) apoya, por experiencia, el transporte de secreciones. A través de la estenosis espiratoria, en la zona de la glotis, disminuye el colapso traqueobronquial.

La *espiración tonificada* se practica bajo un "control cinestésico" de los movimientos respiratorios de los músculos intercostales, el diafragma y de los músculos abdominales, es decir, con el "soporte de respiración o soporte de tono".

Espiración para el entrenamiento de la fuerza excéntrica de los músculos inspiratorios.

El entrenamiento de la contracción excéntrica mejora la fuerza elástica (fuerza de frenado) de los músculos inspiratorios. El objetivo es una disminución reprimida y paulatina de la tensión, siendo la respiración resultante consciente y alargada con entrada de aire paulatina y equilibrada. Son aptas distintas técnicas de fonación: f, ss, sch, ch (sorda) y los susurros, canciones y charlas. La altura del sonido debe ser agradable para el paciente, la altura y la fuerza del sonido deben mantenerse de un modo continuado y el aire debe fluir libre de presiones, (Bänsch 1992). Además, el paciente puede *(no sólo los niños)*:

- Hacer concursos de soplar bolitas de algodón (no se deben mover).
- Hacer grandes pompas de jabón.
- Soplar molinillos de viento (casi no se deben mover).
- Soplar la llama de una vela (casi no debe oscilar).
- Tocar la flauta dulce.

Espiración para activar los músculos respiratorios

Con el fin de conseguir fuerza en los movimientos de espiración, el paciente puede *(también los niños)*:

- Soplar (tanto como sea posible) bolitas de algodón haciendo una competición (Figura **2.131 a**).
- Soplar muchas y pequeñas pompas de jabón.
- Soplar fuerte un molinillo de viento para que gire muy rápido (Figura **2.131 b**).
- Soplar pelotas de ping-pong.
- Echar el aliento sobre un espejo.
- Soplar la llama de una vela.
- Resollar como un caballo.
- Hinchar globos.
- Con una pajita, producir ondas en un vaso de agua.

La puesta en práctica de todas estas técnicas puede (junto con el ejercicio de las fuerzas necesarias para reír, toser, hablar y "presionar") producir mediante la espiración alargada un estímulo ventilatorio a través de una inspiración profunda. De igual modo, a raíz de las fluctuaciones del calibre bronquial, mejora el transporte de las secreciones.

Técnicas de espiración para niños

Para los niños es adecuado:

- Espiración haciendo sonidos y ruidos (ver antes).
- Susurros, hablar, cantar.
- Inclusión de ruidos en situaciones de juegos, como gritos como los de los indios y sonidos de animales en conexión con técnicas de movimientos.

- La utilización de aparatos para soplar, que se pueden encontrar en las ferias, en las tiendas de juguetes o en casa.

También se puede hacer que los niños "dibujen" su respiración.

Aquí se representa la respiración como ejemplo de la llamada *respiración de oruga* (Figura **2.132,** Arbeitskreis Physiotherapie der Mukoviszidose e.V; Grupo de trabajo de fisioterapia de la mucoviscidosis, Asociación registrada):
espiración larga = patas largas,
espiración corta = patas cortas

Freno labial dosificado

Equivale a dejar escarpar el aire a través del resquicio que queda entre los labios prietos / estenosis espiratoria (Figura **2.133**). Esta es una técnica de inspiración específica para enfermedades y está encaminada a evitar y disminuir los colapsos bronquiales de tráquea en un sistema bronquial inestable. La parte blanda de la traquea (*pars membranacea*, ver también técnicas tusígenas) y los bronquios están menos comprimidos, porque la presión del aire en las vías respiratorias disminuye lentamente variando desde la elevada presión en pulmonar hasta la baja presión atmosferica. La presión alveolar se mantiene durante más tiempo en las vías respiratorias, las dilata y el paciente puede respirar más fácilmente el volumen de aire inspirado así como parte del aire contenido en el pulmón (*air trapping*). Se hincha por el esfuerzo o en un ataque de asma.

El freno labial dosificado se utiliza predominantemente:

- En la obstrucción que depende de la presión, por ejemplo enfisemas.
- En inspiración forzada motivada por angustia con una frecuencia respiratoria elevada, por ejemplo asma bronquial.
- Como parte de una técnica tusígena para evitar presiones intratorácicas elevadas.

Aprendizaje del freno labial dosificado: El aprendizaje del freno labial dosificado se consigue a través de una tranquila información mímica y verbal y, si se estima necesario, en una posición corporal que facilite la respiración. La aclaración de la conexión fisiopatológica puede facilitar la explicación gráfica. El objetivo es que el paciente consiga "automatizar" esta técnica de respiración y utilice el freno labial dosificado en casos de insuficiencia respiratoria, dificultad respiratoria o esfuerzo corporal (subiendo escaleras, haciendo flexiones) para impedir una obstrucción exobronquial.

Realización del freno labial dosificado: Inspirar lo más posible por la nariz. Tras una mínima retención de aire en la zona de la boca (perceptible por el aire entre el labio superior y la arcada dental superior) el aire fluye por el hueco que hay entre los labios ligeramente presionados –no demasiado largo, no demasiado alto, sin "soplar" y con el correspondiente ritmo de respiración–. Si se realiza adecuadamente no se oyen ruidos respiratorios accidentales. Es importante que se lleve a cabo sin un empleo activo de los músculos abdominales.

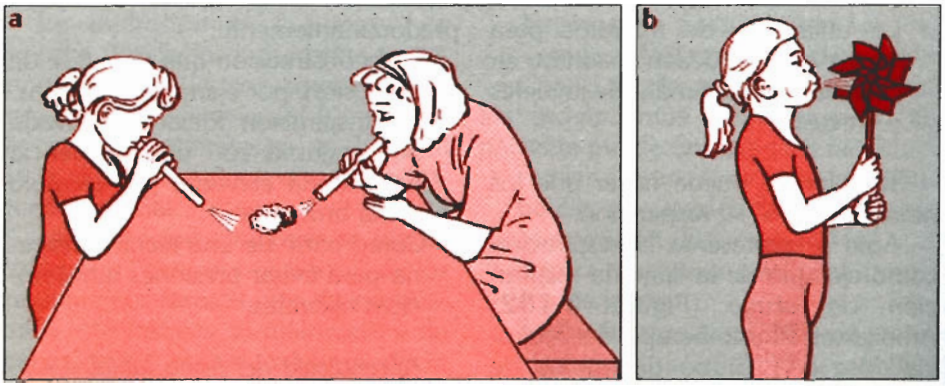


Figura 2.131 a y b: *Técnicas de espiración:* ***a*** *Soplar bolitas de algodón.* ***b*** *Soplar un molinillo de viento.*

Técnicas de inspiración y espiración combinadas

Todas las técnicas de inspiración y espiración se pueden combinar unas con otras.

Una importante técnica es la conocida como "drenaje autógeno", que a continuación se explicará detalladamente:

Drenaje autógeno

El drenaje autógeno (DA) fue desarrollado en Bélgica por el profesor Alexandre, el doctor Dab y J. Chevaillier y, posteriormente modificado por el Arbeitskreis der Mukoviszidose e.V en colaboración con el profesor Lindemann. El drenaje autógeno es una *técnica de autodepuración* para la eliminación de mucosidades de las vías respiratorias. Esta *autoayuda* facilita al paciente el retirar las mucosidades sin ayuda adicional y conseguir independencia. La técnica la pueden aprender los niños desde los cuatro años si el niño ha sido tratado con anterioridad de un modo fisioterapéutico.

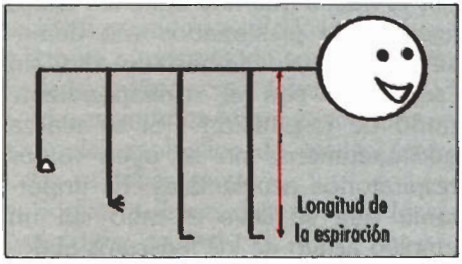


Figura 2. 132: *Respiración de oruga.*

Realización: Desde la posición de reposo se realizan inspiraciones profundas a través de la nariz. A continuación se hace una parada inspiratoria de aire de aproximadamente dos a tres segundos. En la siguiente fase de espiración se practica una espiración *pasiva* con una rápida salida de aire sin empleo de los músculos espiratorios. La siguiente fase de espiración se lleva a cabo de un modo *activo* con una lenta salida de aire y un empleo cuidadoso de los músculos espiratorios y de los músculos de ayuda respiratorios (Figura **2.134**). Debe recomendarse con mucho énfasis: Cuantas menos mucosidades haya en las

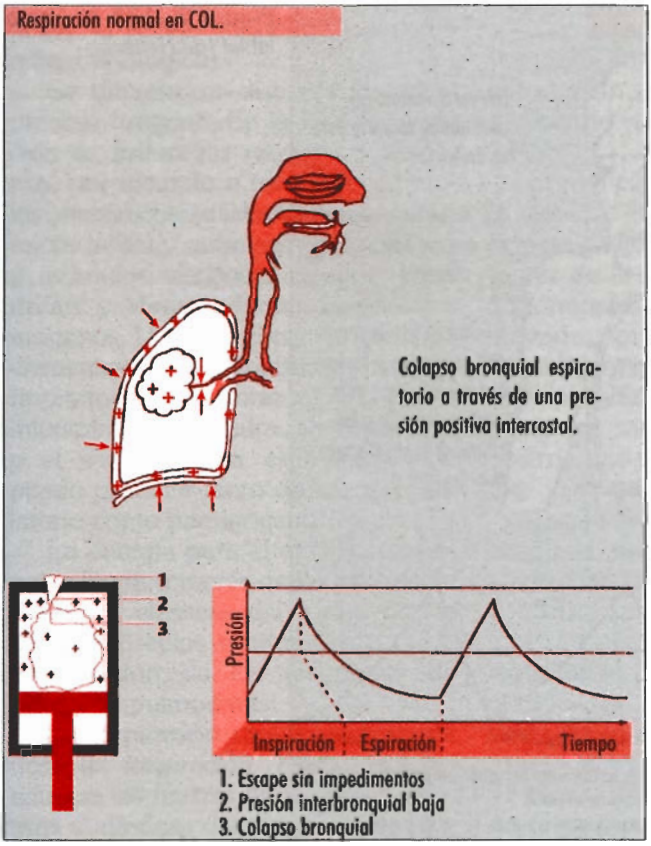


Figura 2.133 a: *Respiración normal en enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (de Netter).*

vías respiratorias, más larga será la espiración, y cuantas más mucosidades haya, más lenta será.

En las vías respiratorias inestables o hipersensibles se practica una espiración con estenosis.

La maniobra de respiración se repite con controles táctiles hasta que se noten, en las grandes vías respiratorias, los *estertores de secreción*. Las secreciones se eliminan a través del carraspeo o mediante cuidadosas técnicas tusígenas. El principio de acción se basa en las oscilaciones del calibre bronquial, tanto en la inspiración como en la espiración, que mueven y transportan las mucosidades. La corriente de aire rápida en la espiración pasiva da como resultado un avance de la mucosidad, por efecto de la acción de la gravedad, hacia la boca, y en la espiración activa, a través del estrechamiento de los bronquios, se traslada el esputo de las vías respiratorias pequeñas a las grandes.

Técnicas tusígenas

Mecanismo de la tos

Algunos autores califican la tos como "el perro guardián de los pul-

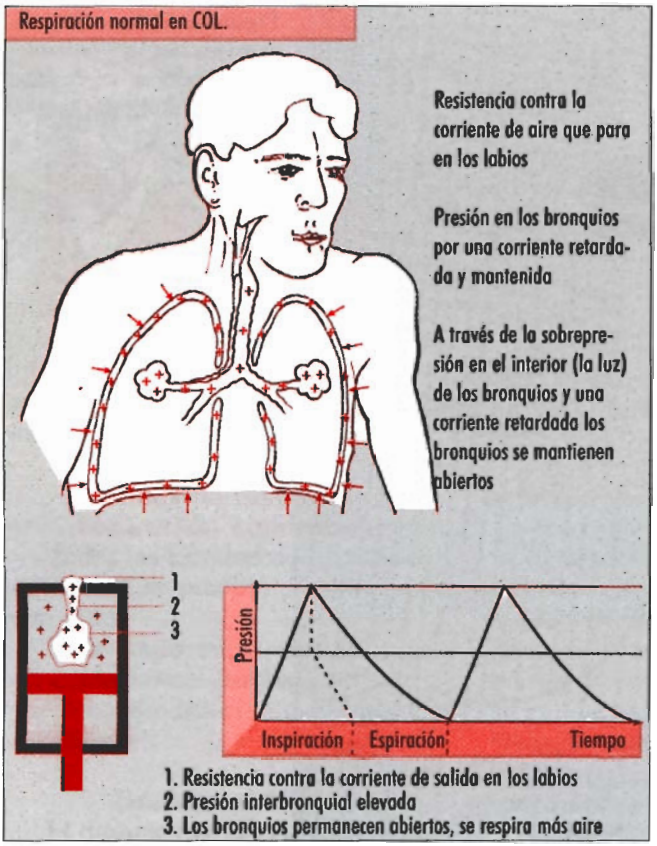

Respiración normal en COL.
Resistencia contra la corriente de aire que para en los labios
Presión en los bronquios por una corriente retardada y mantenida
A través de la sobrepresión en el interior (la luz) de los bronquios y una corriente retardada los bronquios se mantienen abiertos
1
2
3
Presión
Inspiración
Espiración
Tiempo
1. Resistencia contra la corriente de salida en los labios
2. Presión interbronquial elevada
3. Los bronquios permanecen abiertos, se respira más aire

Figura 2. 133 b: *Freno labial (de Netter).*

mones", ya que los protege de daños que, en determinadas circunstancias, pueden ser de importancia vital (por ejemplo en la aspiración de cuerpos extraños). Junto a esta protección, la tos es síntoma a veces de *procesos de enfermedades pulmonares* (por ejemplo bronquitis crónica, infecciones víricas agudas, carcinomas bronquiales, asma, tuberculosis) y *procesos de enfermedades extrapulmonares* (como hipersecreción de la nariz, senos paranasales, reflujo gastroesofágico, enfermedades del diafragma, mediastino, pericardio, toses de origen psicógeno, medicamentoso).

Una misión importante de la tos es el *mecanismo de eliminación* (véase también eliminación de secreciones) que se empleará para la eliminación de importantes cantidades de secreción bronquial o para compensar alteraciones del sistema mucociliar.

Téngase en cuenta que el individuo sano no tose a no ser que lo haga de forma arbitraria o se estimulen sus receptores tusígenos, de modo que se

active el reflejo tusígeno (tos como reflejo fisiológico).

Se diferencian distintas fases del *proceso tusígeno*: En la *fase de irritación* se irritan los receptores tusígenos, por ejemplo a través de estímulos mecánicos (dilatación, roce), térmicos (fríos) y químicos (gas, toxinas) y estímulos viscerales de dolor que irritan y desencadenan los reflejos tusígenos. Los receptores tusígenos se encuentran especialmente en las vías respiratorias superiores y poco en las inferiores, en la pleura, el mediastino y el esófago; una estimulación se puede producir tanto de modo inhalatorio como hematógeno.

La energía para el empuje tusígeno se libera a través de las fuerzas de extensión elásticas del tórax, de las de los músculos espiratorios y de la estimulación de los receptores de extensión pulmonares.

La inspiración rápida y profunda (*fase de inspiración*, Figura **2.135**) refuerza las fuerzas de retroceso estáticas y elásticas del tórax y activa los músculos espiratorios. La gran extensión de los músculos espiratorios se hace mayor por medio de una inspiración profunda y, con ello, gana fuerza para el empuje tusígeno. Un gran volumen inspiratorio parece llevar consigo un aumento de la corriente espiratoria (Ulmer y colaboradores 1987).

Con el cierre de la glotis concluye la fase de inspiración y comienza la *fase de compresión* (Figura **2.135**). A través de la fijación de los músculos abdominales y del tronco se crea una elevada presión intratorácica e intraabdominal. Las presiones intratorácicas existentes alcanzan, tanto en pacientes sanos como en pacientes obstructivos valores de hasta 300 mm Hg.

Con la rápida apertura de la glotis acaba la fase de compresión y comienza la *fase de expulsión* (Figura **2.135).** En este momento se crea una corriente de aire rápida y turbulenta (hasta 280 km/h) con una invaginación de la porción membranosa de la traquea (Figura **2.136**) y una disminución de la sección bronquial de hasta 1/6 de los valores iniciales. Ahora se pueden eliminar los cuerpos extraños y las secreciones.

El curso del proceso tusígeno descrito se puede ver alterado. Éste es el caso de un paciente que, debido a

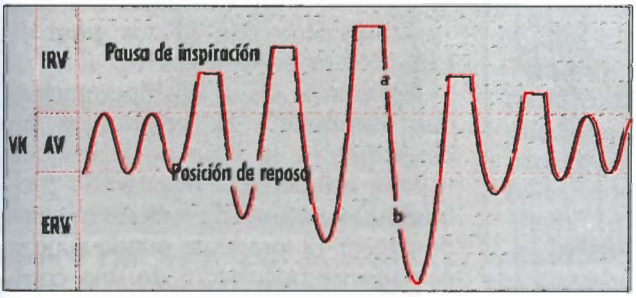


Figura 2. 134: a: *corriente de aire rápida; b: corriente de aire lenta. Drenaje autógeno (representado en forma de esquema). VK: capacidad vital. IRV: volúmen de reserva de inspiración. AV: volúmen de aspiraciones, ERV: volúmen de reserva espiratorio.*

los dolores, no puede inspirar profundamente, está somnoliento, su glotis permanece abierta debido a la intubación o por el entumecimiento recurrente, la obstrucción impide la rápida espiración o los músculos abdominales están debilitados o entumecidos.

Junto con la rotura de los vasos bronquiales, el estallido de vesiculas enfisematosas con aparición de un neumotórax y las fracturas de costillas, son posibles los siguientes *efectos negativos* de la tos:

1. *Colapsos traqueobranquiales con retención de secreciones:* En la pérdida de la tensión de la pared bronquial (por ejemplo en los enfisemas obstructivos) al toser, se llega, en algunas partes del árbol bronquial, a un colapso respiratorio total, se retienen secreciones, es decir, se puede llegar a un estrechamiento de los bronquios periféricos. Debido a los fenómenos de colapso no es posible la formación de la necesaria relación de flujo.
2. *Ataques de tos:* Una elevada reacción de los receptores tusígenos y/o un colapso de las vías respiratorias da lugar a una tos improductiva y molesta. Los receptores tusígenos sensibles provocan siempre el consiguiente ataque de tos.
3. *Agotamiento*: En las fases largas de tos inefectiva existe el peligro de un agotamiento y el descenso continuo de la relación de flujo necesaria para el empuje tusígeno.
4. *Síncope tusígeno*: Un síncope tusígeno es la pérdida pasajera del conocimiento producida por elevadas presiones intratorácicas, intraabdominales e intracraneales. Este efecto se presenta en hombres, a partir de los 40-45 años, afectados por enfisemas pulmonares. El síncope va precedido de ataques de tos, mareos y molestias en la visión.

Ocasionalmente se producen ataques convulsivos y después el paciente muestra una amnesia retrógrada. La frecuencia de los ataques puede variar entre 1 y 30 síncopes tusígenos diarios.

"*Técnica tusígena* significa siempre disciplina tusígena" (Lauber y Lauber 1992). La instrucción, aprendizaje y realización consciente de esta técnica tusígena representan un gran desafío para el paciente y para el terapeuta.

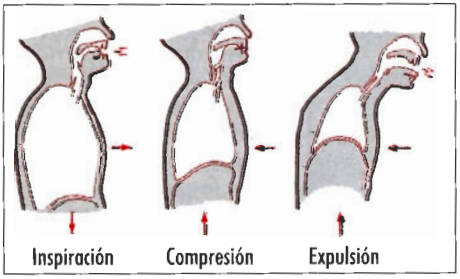


Figura 2. 135: *Movimiento del tórax y el diafragma durante el empuje tusígeno.*

Provocación de la tos para la expulsión de secreciones:

En cuanto no se da hiperreactividad bronquial y la secreción se ha desplazado a la zona de la traquea (ruidos traqueales): Inspiración profunda, una espiración forzada con ruidos, toser. El terapeuta puede ayudar al paciente por medio de una compresión del tórax.

Ayuda tusígena para la reducción de dolores:

Con posterioridad, sobre todo, a las intervenciones quirúrgicas, se lleva a cabo, antes de las maniobras tusígenas, una fijación de las costillas o de la incisión quirúrgica. La fijación se puede conseguir bien a través de las manos o por medio de cojines. (Figura **2.137**).

Técnicas tusígenas para la amortiguación de una tos de estímulo / para el impedimento de una tos improductiva:

La tos improductiva y la tos de estímulo, que provocan mareos y síncopes, desencadenan ataques de asma y provocan retenciones de secreciones por un colapso bronquial, se evitan de la siguiente forma:

- Tragar esputos.
- Inspirar a través de la nariz, mantener el aire en la posición de inspiración entre los ataques de tos, soportar el "cosquilleo", volver a respirar superficialmente.
- Adoptar una posición corporal que alivie la respiración, por ejemplo posición central de respiración elevada para ensanchar las vías respiratorias.
- Concentrarse en los movimientos respiratorios abdominales (Distracción).
- Entre tanto, beber a pequeños tragos y bebidas calientes.
- Si la tos no se puede reprimir totalmente, entonces hay que toser contra los labios cerrados o contra la mano que ejerce una presión, toser ligeramente.
- Carraspear (por medio del carraspeo se produce una presión de sólo 20-30 mm Hg).

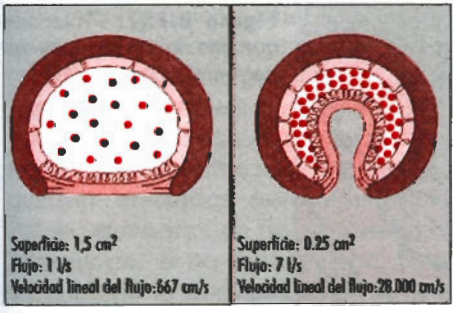

Superficie: 1,5 cm²
Flujo: 1 l/s
Velocidad lineal del flujo: 667 cm/s
Superficie: 0,25 cm²
Flujo: 7 l/s
Velocidad lineal del flujo: 28.000 cm/s

Figura 2.136: *Deformación de la sección traqueal y relación superficie-flujo antes y durante un empuje tusígeno (según Comroe).*

Técnicas tusígenas para evitar presiones intratorácicas elevadas:

- Inspirar por la nariz con profundidad mesurada, soltar algo de aire mediante el freno labial dosificado, entonces expulsar secreciones por medio de dos o tres cortos empujes tusígenos.
- Toser contra los labios cerrados o contra la *presión de la mano* (también por motivos higiénicos)
- VPR 1 (*Flutter*), mascarilla PEP (*Positive endexpiratory pressure* = presión espiratoria final positiva) o sistema PEP.
- *Huffing*: Es una técnica tusígena en la que la glotis no queda cerrada. Tras la inspiración a través de la nariz con una pausa respiratoria añadida se producen, por la acción de los músculos abdominales, dos o tres rápidos sonidos "huffs" (como cuando se quiere soplar un disco). Cuanto más central (en las grandes vías respiratorias) se encuentre la secreción, más

corto será el "huff"; cuanto más periférica (vías respiratorias menores), el "huff" se llevará a cabo durante más tiempo.

Con esta maniobra parece que disminuyen el estímulo y la compresión de las vías respiratorias.

Son dignas de mención para las técnicas tusígenas las siguientes advertencias:

- En la incontinencia urinaria, antes de toser hacer un esfuerzo con los músculos de la pelvis y cruzar las piernas.
- En las posiciones iniciales adecuadas tener en cuenta al toser que la parte superior del cuerpo debe estar erguida y existir la posibilidad de apoyo para los pies.
- Y para los niños (afectados, por ejemplo, por mucoviscidosis), evitar la repugnancia a la hora de expulsar secreciones, crear motivaciones positivas, por ejemplo recompensas y marcar sobre un pañuelo de celulosa el tamaño de las mucosidades (la mucosidad se expulsa sobre el círculo que ha sido marcado).

Técnicas respiratorias con aparatos

A partir de este concepto se debe entender la respiración cuando es facilitada a través de aparatos cuyo manejo será dirigido y supervisado por los fisioterapeutas.

Aumentador artificial y variable del espacio muerto de Giebel (presión parcial de CO_2)

La zona de las vías respiratorias que no toma parte en el intercambio de gases se denomina *espacio muerto*. Sirve, entre otras cosas para el humedecimiento, calentamiento y limpieza del aire a la hora de la inspiración. Su capacidad es en los adultos unos 150 ml.

Descripción: El aumentador artificial y variable del espacio muerto es un tubo de respiración que, a partir de unas piezas iniciales, puede variar el tamaño del espacio muerto unos 100 ml y se puede dosificar de un modo individual. Está realizado con una materia plástica duradera y no tóxica y se puede esterilizar (Figura **2.138**).

Figura 2.137: *Protección que fija la incisión en un paciente esternotomizado.*

Condición: Para la respiración con tubo así como para el esfuerzo con el aumentador artificial de espacio muerto; el paciente debe poder efectuar una elevación de la ventilación, al menos durante 10-15 minutos, para una compensación del aumento del espacio muerto empleado.

Forma de actuar: Ya que en cada inspiración primero debe llegar a los alvéolos el aire de la espiración precedente que se encuentra en el espacio muerto, el aire que interviene en el intercambio de gases en los alvéolos se compone, durante la inspiración, de proporciones variables de mezcla de aire de espiración e inspiración. A continuación, al comienzo de la inspiración se da una concentración de dióxido de carbono en los alvéolos algo mayor que en la fase posterior de inspiración, en la que la concentración de dióxido de carbono en el aire del espacio muerto se ve reducida por la entrada de aire exterior. De forma natural, la presión del dióxido de carbono existente en la sangre arterial es 40 ± 2 mm Hg. Un aumento de esta presión de dióxido de carbono arterial responde, sobre un control químico-periférico y químico-central del centro respiratorio, con una *elevación de la profundidad de la respiración*. A través de ello las zonas alveolares se airean mejor y los trastornos de distribución ventilatoria quedan afectados favorablemente. Así la elevación de la profundidad respiratoria, si no dura mucho, lleva de nuevo a la normalidad de la presión de dióxido de carbono arterial y a la elevación de una presión de oxígeno arterial disminuida. El ajuste de la respiración al volumen del espacio muerto aumentado artificialmente necesita, al menos, tres minutos. Se observa una *elevación de la frecuencia respiratoria* cuando el descenso de la ventilación, a través del aumento de la profundidad de la respiración, no es suficiente para la normalización de la presión arterial de dióxido de carbono. Entonces el volumen del espacio muerto artificial elegido es demasiado grande y hay que realizar un nuevo intento, con la eliminación de una o dos de las piezas de alargamiento.

El aumento extremo de la frecuencia respiratoria va acompañado por el descenso de la profundidad de la respiración y lleva, finalmente, a la inspiración y espiración del aire del espacio muerto. De ello resulta una importante *hipercapnia e hipoxia*.

A través de un aumento dosificado y adecuado del espacio muerto se puede, tras un intervalo largo de tiempo, mantener una elevación de la ventilación sin las negativas consecuencias de la hiperventilación.

Aplicación y organización: Antes de la respiración con tubo se debe contar la frecuencia respiratoria, el paciente respira entonces tres minutos con el tubo con la nariz cerrada con ayuda de una pinza nasal y después, mientras el paciente respira a través del tubo, se vuelve a contar la frecuencia respiratoria (en este momento se puede compensar la respiración del espacio muerto). Deben estar *por debajo de 24* inspiraciones por minuto, como signo de que el paciente logra el trabajo respiratorio para una gran profundidad del flujo

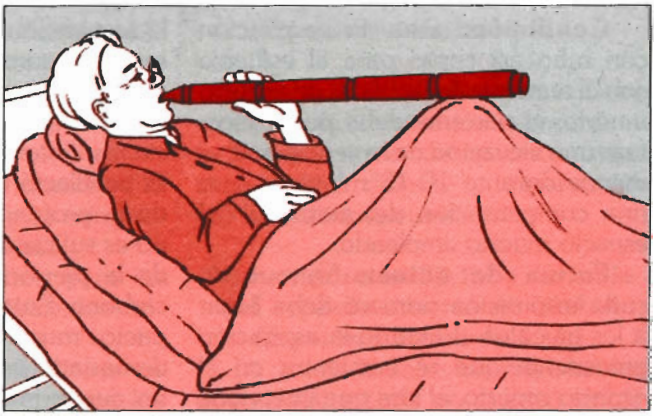


Figura 2.138: *Aumentador artificial y variable del espacio muerto de Giebel.*

respiratorio de las inspiraciones. Si está *por debajo* de 24/minuto se reduce el tubo, y si está *por debajo* de 20/minuto, se puede alargar el tubo, suponiendo que no aumenta la frecuencia respiratoria. La experiencia nos enseña que en la primera fase postoperatoria se compensará el espacio muerto de 200-300 ml en adultos.

Indicaciones: Para la profilaxis de una neumonía, es decir, para el tratamiento y la supresión de microatelectasias, es suficiente un uso de 10 a 15 minutos durante ocho veces al día. Debido a su esterilidad, es favorable su uso en pacientes oncológicos con o sin quimioterapia y aislamiento reversible. Para el estímulo de una tos fuerte en pacientes muy obstruidos con flemas se puede dar un gran espacio muerto (aproximadamente 800 ml) para 5 a 15 aspiraciones (Giebel 1969, 1989).

Contraindicaciones: Insuficiencia respiratoria global, frecuencia respiratoria por encima de 24/minuto, disnea, hipoxia, enfisemas de grado elevado, insuficiencia cardíaca descompensada, elevación de la presión cerebral.

Espirómetro incentivo (el llamado entrenador de la respiración)

En el Método "sustained-maximal -inspirations" (SMI) se procede, en principio, a una inspiración máxima y acompasada con la ayuda de un espirómetro incentivo, que se denomina habitualmente *entrenador de la respiración*.

Descripción: Descrito de forma esquemática, un espirómetro incentivo es un aparato de retroalimentación presenta de un modo visual la inspiración a través del flujo respiratorio, del volumen o de ambos (Figura **2.139).**

Hay diferencias entre los aparatos *orientados al flujo respiratorio* y los aparatos *orientados al volumen*. En los aparatos orientados al flujo se muestra si el paciente puede producir una corriente determinada; la capacidad vital inspiratoria se puede calcular de modo aproximado durante todo el tiempo (por ejemplo Mediflo, Triflo II). En los aparatos orientados al volumen y al control del flujo (por ejemplo Voldyne, Coach) se hace visi-

ble en una escala, para un mínimo paso de flujo, el volumen inspirado.

El espirómetro incentivo está concebido como un producto para un paciente y para estar colocado al lado de la cama.

Condiciones previas:

- Paciente motivado y cooperador.
- Capacidad de llevar a cabo aspiraciones profundas y espontáneas, es decir, el volumen de reserva inspiratoria debe estar presente al menos de un modo prolongado.
- Se debe dar una mínima posibilidad de aumento del trabajo respiratorio sin que esto vaya acompañado de una reducción del volumen.
- La frecuencia respiratoria debe estar por debajo de 25 aspiraciones/minuto.
- Las grandes vías respiratorias deben estar libres, de modo que no haya repartidas mucosidades en la periferia y las aspiraciones no deben ir unidas a un elevado despliegue de fuerzas.

Forma de actuar:

Tras intervenciones importantes en la zona del epigastrio y el tórax es frecuente una disminución del volumen pulmonar. Las causas para ello pueden ser una movilidad disminuida del diafragma, una posición elevada del diafragma y una disminución refleja de los movimientos de inspiración a través de aferencias viscerales y/o somáticas. La consecuencia es una respiración superficial y uniforme sin suspiros, un trastorno del mecanismo tusígeno y del aclaramiento mucolítico. Esto favorece la formación de microatelectasias.

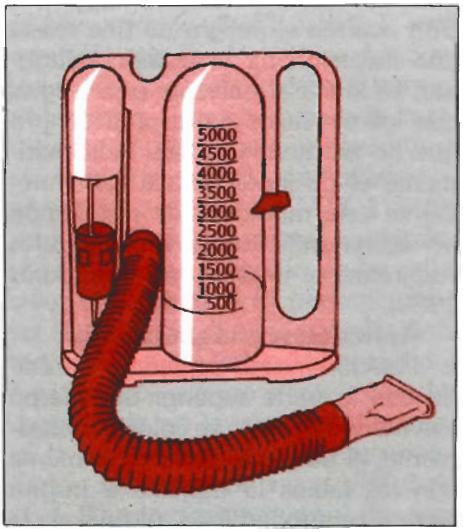


Figura 2.139: *Espirómetro incentivo (entrenador de la respiración), como ejemplo el Voldyne 5000.*

Por el método SMI se pretende una inspiración activa, pausada y máxima. La fuerza motriz hacia un desarrollo pulmonar máximo y hacia un mantenimiento de los alvéolos es la presión transpulmonar (entre los alvéolos y fisura pleural), que sólo alcanza sus valores máximos con la glotis abierta. Las exploraciones han dado como resultado que, siempre que se realizan adecuadamente los ejercicios de respiración con el espirómetro incentivo, se obtienen las presiones traspulmonares más elevadas. En el SMI y durante toda la fase de inspiración se da una presión negativa. Mediante una pausa de inspiración final se consigue una mejora del reparto del aire de respiración en todos los compartimentos pulmonares. Ya que la parada respiratoria con cierre de glotis al final de la inspira-

ción acarrea el peligro de que exista una inversión de la presión pulmonar, se invita al paciente a proseguir con los ejercicios de inspiración y a que no mantenga el aire. Adicionalmente el paciente lleva a cabo mediante esta maniobra de respiración un entrenamiento de los músculos respiratorios. (Mang y colaboradores 1989).

Aplicación y organización:

Posición inicial: Sentado o tumbado con la parte superior del cuerpo elevada. El aparato se coloca verticalmente, el paciente cierra fuertemente con los labios la boquilla e inspira lenta y profundamente. Al final de la inspiración se reanudan los esfuerzos de inspiración y la espiración *no* tiene lugar en el aparato.

Se recomiendan diez maniobras de respiración con espirómetro incentivo en una hora.

Se debe aclarar al paciente que lo importante no son muchas aspiraciones cortas con una elevada corriente, sino una respiración profunda y equilibrada con pausas espiratorias finales.

Una redacción adecuada de un protocolo con ejercicios diarios del volumen de inspiración actual alivia el control y eleva la motivación. Es muy ventajosa una comparación con el volumen de inspiraciones preoperatorias.

Hay que tener en cuenta las diversas peculiaridades de todos los aparatos, por ejemplo en el Voldyne 5000 y Coach hay que mantener el marcador de corriente para el control en la zona marcada. Para la espiración el paciente se saca la boquilla de la boca y respira delante del aparato entrenador de respiración.

Un uso inadecuado (por ejemplo, si se acostumbra a espirar dentro del entrenador de la respiración) y una falta de higiene es posible que ocasionen una aspiración de los gérmenes del aparato. Algunos autores recomiendan la sustitución cada tres días, y en pacientes con bajas defensas, como por ejemplo en tratamiento con citostáticos, esta sustitución se debe realizar más frecuentemente.

Indicaciones:

- Profilaxis de complicaciones pulmonares después de grandes intervenciones quirúrgicas.
- Profilaxis de infecciones pulmonares en pacientes encamados.

Contraindicaciones:

Véase condiciones previas.

VRP 1 Desitin

El VRP 1 (*Vario-Resistance-Pressure, antes llamado Flutter)* es un aparato fisioterapéutico neumológico para la eliminación efectiva de mucosidades.

Descripción: La construcción, parecida a la de un silbato, del VRP 1 consta de las siguientes partes:

- Pieza principal con boquilla.
- Embudo de un material especial.
- Bola de metal inoxidable con un elevado peso específico (28 gramos).
- Pieza de cabeza atornillable y provista de agujeros.

En posición de descanso la bola está fija en el embudo, corta el canal de espiración y con ello se crea una

resistencia de la espiración. Durante la espiración, y por efecto de la presión espiratoria, la bola rueda por la pared del embudo. El aire se puede escapar, baja la presión sobre la boquilla, la bola cae y cierra de nuevo el embudo (Figura **2.140 a-c**). Se repite este proceso varias veces durante la fase de espiración. Se produce un movimiento oscilatorio de la bola.

Forma de actuar: Las oscilaciones de presión que se producen a la hora de espirar contra la bola trasladan el aire de la respiración en los bronquios con unas oscilaciones de baja frecuencia que entran en resonancia con la frecuencia propia de la caja torácica (aproximadamente 12 Hz). La frecuencia de las oscilaciones de presión varía con el ángulo de la pieza adicional del VRP 1 en la boca y se puede ajustar individualmente a la frecuencia propia de la caja torácica por medio de inclinaciones desde la horizontal. Las inclinaciones hacia abajo disminuyen la frecuencia y hacia arriba la elevan. Se da una *percusión endógena*, se libera la mucosidad, se licúa y se transporta. A través de una presión positiva controlada (10-20 cm H_2O) al espirar a través del VRP 1, se ensanchan los bronquios hasta la periferia y se evita, en las vías respiratorias inestables, un colapso traqueobronquial. La mucosidad se elimina por medio de la técnica *huffing* (toser con cierre de la glotis;) (transcrito de la información que la firma Desitin facilita sobre el producto).

Aplicación y organización: El paciente está sentado erguido, con los codos apoyados. El VRP 1 está agarrado con las dos manos, los agujeros de la pieza de la cabeza permanecen libres. Tras una profunda inspiración con una parada inspiratoria se sujeta bien la boquilla con los labios y se respira a través del VRP 1 lenta, profunda y relajadamente, ayudándose también con la acción de los músculos abdominales. El paciente debe ser capaz de localizar, por medio de la inclinación del aparato hacia arriba y hacia abajo, cuándo siente mejor las oscilaciones en la cavidad torácica y en la zona abdominal. Una recomendación sería respirar con el VRP 1 de 15 a 20 minutos una vez al día (por ejemplo, seis sesiones de tres minutos, o tres sesiones de cinco minutos, e incluso con más frecuencia)

Indicaciones:

- Bronquitis crónica.
- Bronquiectasias.
- Enfisemas pulmonares.
- Mucoviscidosis.
- Asma con obstrucción pulmonar.
- Secreciones tras operaciones pulmonares.
- Profilaxis de la corteza pleural.

Contraindicaciones:

- Neumotorax.
- Enfermedades graves del sistema cardiocirculatorio.
- Valores de presión claramente elevados en el sistema circulatorio menor (PAP > 50 mm Hg).

Respiración PEP (*positive expiratory pressure* = presión espiratoria positiva).

La respiración PEP es una técnica adecuada para actuar contra las resis-

tencias de inspiración variables y se utiliza principalmente en pacientes con mucoviscidosis, bronquiectasia y bronquitis crónica.

Mascarilla PEP (también denominada mascarilla de extracción de secreciones) = máscara de plástico de diversos tamaños con una válvula de una vía para la inspiración y la espiración. Sobre esta válvula de espiración se pueden ajustar resistencias opcionales con un diámetro de entre 1,5 y 5,0 mm. Entre la válvula de respiración y la resistencia se conecta un manómetro. Entre tanto la mayor parte de la respiración por la mascarilla se reemplaza por el sistema Pari-PEP.

El *sistema Pari-PEP* puede combinar la inhalación con la respiración PEP y, por ello, ofrece la ventaja de la inhalación de medicamentos y el acortamiento del tiempo de tratamiento. La elevación de la presión intrabronquial resultante de la respiración PEP mantiene abiertas las vías respiratorias a la hora de la espiración y favorece el transporte de las secreciones, produce una distensión de la atelectasia e impide un espasmo bronquial (Kieselmann 1991, Schumacher 1992).

Son muy necesarios las hospitalizaciones y los controles regulares por los fisioterapeutas, ya que la elección de resistencias demasiado elevadas conduce a peligrosas elevaciones de la presión del sistema circulatorio pulmonar. Del mismo modo es necesaria la variación de la resistencia en épocas de infecciones.

La respiración PEP y el *drenaje autógeno*, y la PEP y la *terapia de inhalación* se combinan muy bien entre sí.

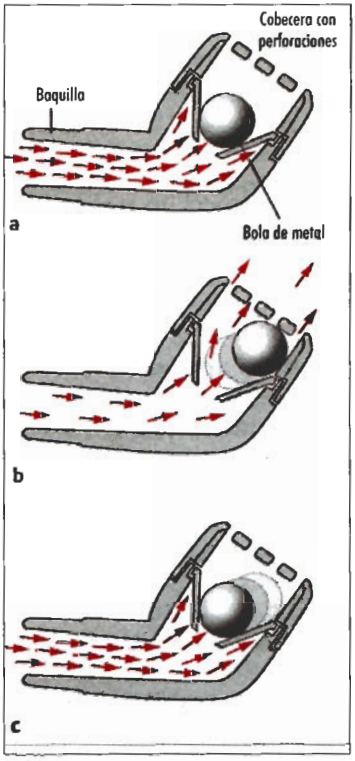


Figura 2.140 a–c: *Procesos que se repiten durante la fase de espiración completa.*

Aparatos IPPB (*intermittent positive pressure breathing* / inhalación con presión de aire positiva intermitente)

En la terapia IPPB el paciente, al comenzar la inspiración, activa un disparador, con la nariz tapada, a través de una boquilla, y permite que se hinche pasivamente desde el aparato, hasta que se alcance una presión de interrupción que se ha determinado con anterioridad. El aparato conecta entonces la espiración y el paciente espira sin o con una resistencia espiratoria adecuadamente colocada.

Para la respiración de presión positiva cada uno puede, según el aparato, utilizar aire o una mezcla de aire y oxígeno; simultáneamente se coloca un pulverizador para el humedecimiento del aire respiratorio o se lleva a cabo una aerosolterapia con medicamentos.

Los objetivos de la terapia IPPB son, entre otros:

- Evitación de una hipoventilación alveolar.
- Apertura de atelectasias, lo que se produce debido a un volumen de aspiraciones pequeño y a la mucostasia.

El uso de IPPB es especialmente adecuado para pacientes que no pueden llevar a cabo por sí mismos una profundidad de respiración en el volumen de reserva inspiratoria. Existe una serie de contraindicaciones como los neumotórax espontáneos, las insuficiencias cardíacas graves, estados inestables del sistema circulatorio, enfermedades pulmonares y otras, que exigen un riguroso seguimiento de indicaciones y precisan mucha experiencia por parte del personal que lleva a cabo esta terapia.

Respiración con botellas de agua (*blow-bottle*, "botella burbujeante")

A través de un tubo flexible se espira en una botella contra la presión del agua (altura del nivel del agua – presión de espiración en centímetros de columna de agua). Los pacientes deben superar esta resistencia de espiración y después inspirar lenta y profundamente (eventualmente con *inspiration hold* [parada de inspiración]). A través de la resistencia espiratoria las vías respiratorias inestables permanecen abiertas.

Entrenamiento de los músculos inspiratorios

Se trata de una inspiración contra resistencia (estrechez regulable) con la nariz cerrada (por ejemplo P-Flex, *Treshold*) con o sin adaptador de oxígeno. Gracias a la estrechez se dificulta la inspiración y, debido a ello y según muchos autores, se refuerzan los músculos inspiratorios.

2.5.7. Técnicas manuales

Bajo este epígrafe se incluyen técnicas, llevadas a cabo por fisioterapeutas, con las manos (manuales) sobre el tórax. Junto con el aflojamiento de tejidos y el transporte de secreciones se utilizan también para apoyar y activar los movimientos de inspiración y espiración.

Técnicas manuales para la mejora de la inspiración y la espiración

Contra resistencia: El fisioterapeuta coloca sus manos sobre el paciente en la zona de las costillas inferiores, el abdomen (aquí también puede ser útil un paño cuando se trata de un autotratamiento personal) y las costillas superiores o el esternón, y ofrece una resistencia al movimiento de inspiración.

La resistencia se puede llevar a cabo con la palma de la mano completa o sólo con las yemas de los dedos, por ejemplo en la zona inter-

costal. Los movimientos de espiración se pueden ayudar con una compresión manual o con ayuda de un paño. Del mismo modo se pueden realizar técnicas de fonación.

Mediante la FNP: Las costillas inferiores se presionan en la pausa de espiración, a continuación el terapeuta realiza un *stretch (estiramiento)* con las manos con la siguiente resistencia de dirección para una *inspiración profunda.*

En adelante se puede realizar repetidamente, durante el movimiento de inspiración y sobre el esternón y las costillas, una resistencia de dirección comprimida que se repetirá después de la inspiración resultante hasta que resulte una inspiración profunda (ver también la literatura sobre FNP).

A través de tensión: El fisioterapeuta puede apoyar el movimiento de inspiración a la vez que lleva a cabo, desde diversas posiciones iniciales del paciente, una tensión sobre el tórax. Los puntos de presión pueden ser las costillas, los hombros, los brazos, la pelvis o las piernas.

Presa cutánea

En relación con la denominada presa cutánea de la terapia resolutiva y la terapia respiratoria de Schaarschuh y Haase, llevamos a cabo la presa de un pliegue de piel en la parte superior del cuerpo, por ejemplo como *presa de estímulo respiratorio.* La presa cutánea se fija superficialmente con los dedos y carpos o con las yemas de los pulgares y los dedos índices en distintas posiciones iniciales perpendicularmente a la superficie del cuerpo. La piel se eleva hasta los límites que tolere, se mantiene y se "desprende" lentamente. El paciente puede realizar independientemente esta presa (Figura **2.141 a-c).**

Si la presa cutánea se lleva a cabo dependiendo del ritmo respiratorio, el que realiza el tratamiento agarra el pliegue cutáneo al final de la inspiración y permite "volver a respirar" en la inspiración. Esto no se debe realizar cuando existe una frecuencia respiratoria rápida. La presa y el mantenimiento, independientemente de la frecuencia respiratoria, aproximadamente cada 15-20 segundos (también utilizada en conexión con la posición de extensión) hace descender las resistencias de los tejidos y produce un alivio en la respiración.

El paciente siente una reducción de la tensión, señala un sentimiento de calor en la zona tratada y experimenta "amplitud" y una capacidad respiratoria liviana. En enfermos que presentan un alivio en la respiración durante la presa cutánea se produce un asentamiento de las resistencias de las vías respiratorias. Esto se demuestra a través de mediciones con el pletismógrafo corporal (Siemon, Ehrenberg).

La presa cutánea no debe doler, de modo que no produzca una parada de la respiración.

Clapping (Golpeteo)

Las sacudidas en el tórax con las palmas de las manos planas o curvadas producen una onda de energía que se traslada a la pared torácica. La percusión transfiere la vibración al tejido pulmonar, se alivia el corte de mucosidades y el aire sale de los alvéolos y realiza una presión en los bron-

quios. Junto con las reparaciones de las molestias de el aclaramiento mucociliar (hipercrinia, atelectasia) parece que el golpeteo tiene un efecto positivo sobre la viscosidad y la velocidad del transporte de las mucosidades (Cegla 1992). La efectividad del *clapping* frente a otras medidas de movilización de secreciones ha sido objeto de variadas controversias a lo largo de los últimos años.

Diferenciaremos entre el *clapping* con la *mano hueca*, con *las yemas de los dedos y con el canto de la mano*; la elección depende del tipo de paciente (adulto adiposo, lactante) y de la superficie del cuerpo sobre la que se va a practicar el *clapping* (tórax, esternón).

Los golpes no deben doler y en pacientes sensibles y con caquexia se debe llevar a cabo sobre la ropa o sobre la mano colocada encima de la zona que se ha de percutir. La utilización de la técnica (habitualmente en conexión con las posiciones de drenaje) dura aproximadamente de tres a cinco minutos, ya que deben intercalarse otras técnicas (vibraciones, aspiraciones profundas, compresión del tórax) antes de repetir las percusiones.

Vibraciones

Las vibraciones con sacudidas de débiles a fuertes se llevan a cabo con las manos y/o con las yemas de los dedos sobre el tórax, el esternón y también en combinación con el estiramiento intercostal en la fase de espiración. La posición inicial es variable, a menudo el fisioterapeuta acompaña las vibraciones con posiciones de drenaje y con compresión de tórax siempre que no haya contraindicaciones. Manualmente son posibles frecuencias (según los autores) de entre 8 y 100 Hz.

Por medio de las vibraciones se llega a una disolución de las secreciones de la pared bronquial, lo que se demuestra en las exploraciones endoscópicas. Las variaciones de la mucosidad y la elasticidad de las secreciones bronquiales alivian la tos y el transporte hacia el exterior de las mucosidades.

Las vibraciones no sólo se llevan a cabo de una forma manual, sino que también pueden aplicarse mediante aparatos eléctricos (por ejemplo Vibrax). En pacientes sensibles el fisioterapeuta aplica el aparato sobre su mano y se limita sólo a vibraciones manuales.

Sacudidas

Son sacudidas rítmicas del paciente inducidas por el fisioterapeuta que se pueden llevar a cabo sobre los brazos, las piernas, la pelvis y los huesos del hombro o el tronco desde diversas posiciones iniciales. Las sacudidas se plantean en un espacio de tiempo largo y en direcciones longitudinales y transversales. De las oscilaciones producidas se debe deducir una localización de la secreción bronquial y un estiramiento de los músculos y la piel del tronco, y deben relajar al paciente.

Como ejemplo de las sacudidas hay un tratamiento descrito en un lactante afectado por mucoviscidosis (ver también allí): El niño está sentado en el regazo de la persona que realiza el tratamiento. El terapeuta eleva los brazos del niño y lleva a cabo las sacudidas bajo tensión.

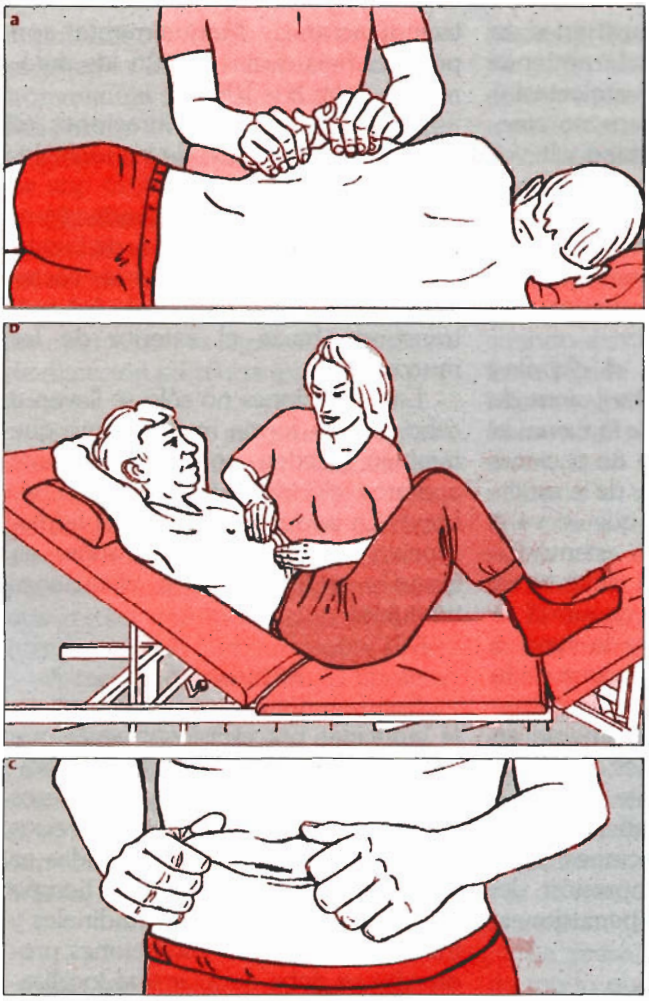


Figura 2.141: *Presa cutánea:* ***a*** *El terapeuta agarra una presa cutánea en la pared lateral del tórax.* ***b*** *El terapeuta lleva a cabo una presa cutánea en el abdomen y en el marco costal inferior.* ***c*** *El propio paciente realiza una presa cutánea.*

Compresión del tórax

Durante el transcurso de la fase de espiración (también en conexión con vibraciones) se comprimen las costillas y se ayudan los movimientos de espiración. La compresión puede ser realizada por dos fisioterapeutas, colocados uno enfrente del otro y que colocan las manos alternándose. Es una técnica especialmente adecuada para pacientes con paralización transversal o con esclerosis múltiple.

Técnicas de masajes

Como preparación para la ejecución de técnicas de respiración, se pueden emplear técnicas de masajes tanto para el ensanchamiento del espacio nariz – laringe como para la disminución de resistencias elevadas de los teji-

dos en el tronco, lo que a menudo produce un alivio respiratorio.

Se utilizan:

- Inspiración o espiración acentuada con masaje rítmico de las zonas intercostales.
- Técnicas poco profundizadas en los masajes del tejido conjuntivo.
- Presas extraídas del masaje clásico (también en la zona del rostro).
- Técnicas de presa extraídas del "masaje de respiración" de la terapia de respiración refleja (ver además la literatura correspondiente).

Para algunas técnicas manuales en la terapia de respiración hay que tener en cuenta las siguientes importantes **contraindicaciones** relativas:

- Osteoporosis (también la inducida por cortisona), fracturas de costillas, metástasis en el tórax óseo.
- Peligro de hemorragias en trombopenia por tratamiento con citostáticos o coagulopatía por consumo de factores.
- Infartos cardíacos recientes, embolias pulmonares.
- Enfermedades tumorales del pulmón / hemoptisis.
- Pleuritis.
- Tórax inestable.
- Enfisemas cutáneos.
- Trasplantes cutáneos.
- Quemaduras.
- Erupciones cutáneas, infecciones cutáneas y otras.

2.5.8. Respiración y movimiento

Movilización del tórax

La movilidad del tórax es una condición previa esencial para la viabilidad de las técnicas de respiración. Los objetivos de la movilización del tórax son:

- Mejora de la ventilación pulmonar y la irrigación pulmonar, movilidad de las hojas pleurales y transporte de secreciones.
- Recepción de volúmenes mayores en los esfuerzos corporales.

La movilidad del tórax depende de la movilidad de la articulación costovertebral y de la columna vertebral, así como de la flexibilidad de la piel, el tejido subcutáneo y los músculos.

Tras el examen se eliminan o disminuyen, con las técnicas y medidas adecuadas, las posibles molestias existentes.

Para ello conocemos numerosas posibilidades de tratamiento activas y pasivas. Para la mejora de la movilidad de la caja torácica y la columna vertebral se llevan a cabo movimientos de extensión, flexión, rotación (Figura **2.142 b**) flexiones laterales (Figura **2.142 c**) desde distintas posiciones iniciales, en las que también se pueden utilizar tratamientos en el agua y suspensiones en la camilla con cabestrillo.

Son idóneos los ejercicios:

- Extraídos de la *enseñanza de movimientos funcionales* (por ejemplo la "serpiente", el que se "gira gana", la "tijera" y "el mascarón de proa").
- Extraídos de la *terapia manual* (por ejemplo las movilizaciones especiales de las costillas [Figura **2.142 d**] y el síndrome de las vértebras dorsales, la relajación

postisométrica de los músculos acortados).
- Extraídos de la FNP (por ejemplo *chopping* y *lifting* [Figura **2.142 a**], y modelo de escápula.
- Extraídos de la *terapia resolutiva* (por ejemplo posición de extensión, presa cutánea).
- Extraídos de la *terapia de respiración refleja.*

Para niños se ofrecen las posiciones de cuerpo terapéuticas extraídas del tratamiento de la *fibrosis quística* (por ejemplo "nudos", "jirafa", "deslizadero", "tornillo") y del *Klapp-Kriechen* (como "serpientes", "ejercicios de rotación" y "gran curva").

Los **campos de aplicación** de los ejercicios y medidas de movilidad del tórax son todas las enfermedades de las vías respiratorias obstruidas, enfermedades pulmonares restrictivas, en especial afecciones en la zona pleural, y estados después de toracotomías, escoliosis y trastornos neuromusculares.

Estos ejercicios se pueden unir, en sus oscilaciones de movimiento, con técnicas de inspiración y espiración.

Unión de la respiración y el movimiento

En los transcursos de movimiento con, predominantemente, contracciones musculares dinámicas, los movimientos de respiración y el ritmo respiratorio se ajustan a los cambios de movimientos rítmicos en tanto que no sean demasiado rápidos. Normalmente se experimenta que, en los movimientos amplios y lentos, se inspirará al principio. Las actividades que se pueden unir con movimientos y respiración podrían ser:
- Círculos lentos con los brazos.
- Levantamiento de los dos brazos.
- Realización de un movimiento de lanzamiento.
- Oscilación de una pierna.
- Caminar con diversas variaciones,
- Correr con un numero determinado de pasos y en las fases de inspiración y espiración.
- Subir escaleras con un ritmo de respiración individual.

También se puede unir la respiración con *estiramientos espontáneos* de las extremidades. Desde posiciones de decúbito supino, decúbito prono, decúbito lateral y posición de estiramiento se llega a un estiramiento espontaneo con prolongación desde la mano o el pie. Se trata de un alargamiento de la parte superior del cuerpo, lo que puede asociarse con aspiraciones profundas.

Seguir respirando en trabajo de parada

A los pacientes hay que aclararles (sobre todo a los pacientes con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y enfermedades cardíacas) las consecuencias negativas a la hora de aguantar la respiración y en las compresiones al hacer esfuerzos (ver *entrenamiento de fuerza estático).*

Un ejemplo para evitar la respiración forzada a la hora de elevar objetos pesados:
- Ponerse de rodillas con la espalda recta.
- Agarrar el objeto – *inspirar.*
- Elevar la carga "de modo favorable a la espalda" cerca de la línea

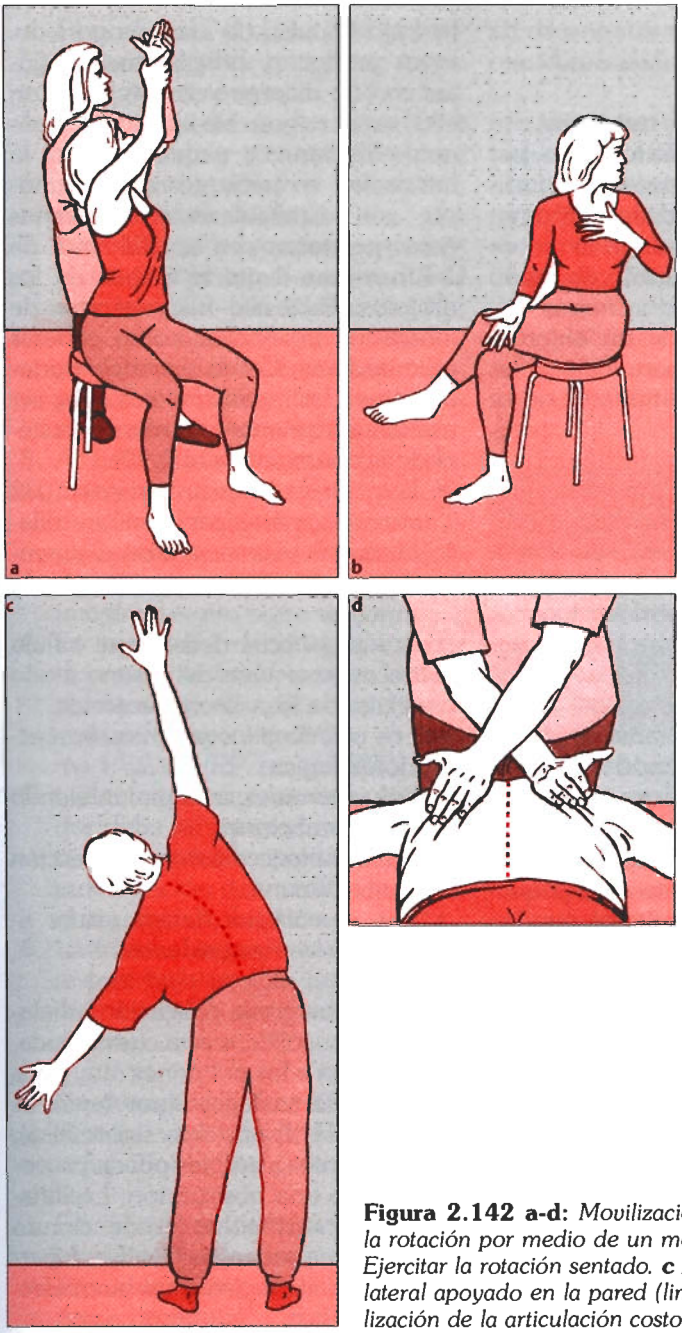


Figura 2.142 a-d: *Movilización del tórax:* ***a*** *Practicar la rotación por medio de un modelo de FNP (lifting).* ***b*** *Ejercitar la rotación sentado.* ***c*** *Ejercitación de la flexión lateral apoyado en la pared (limpiaparabrisas).* ***d*** *Movilización de la articulación costovertebral.*

de acción de la gravedad, si se da el caso con freno labial dosificado - *espirar.*

Otros movimientos rutinarios con peligro de parada respiratoria son, por ejemplo, atarse los zapatos con inclinación y larga parada de los brazos en extensión por encima de la altura de la cabeza. Hay que hacerlo de modo consciente y variarlo.

En la realización de un *entrenamiento de resistencia* para mejorar las capacidades cardiopulmonares no se llega a esta posición.

2.5.9. Terapia inhalatoria

K. Rohde

Bajo el concepto de terapia inhalatoria se entiende en primer lugar la *inhalación de una sustancia vaporizada en finísimas gotas.* Esto significa que el correspondiente agente activo puede internarse directamente en las vías respiratorias evitando el hígado (efecto *first-pass* = efecto primer paso). Con ello, el resultado se alcanza más rápidamente, es necesaria una dosis considerablemente más pequeña y los efectos secundarios pueden ser minimizados.

Se utilizan diferentes *formas de aplicación* como:

- aerosoles dosificables,
- inhalaciones pulverizadas,
- atomizador ultrasónico,
- atomizador de boquilla impulsado por aire comprimido.

La forma más efectiva de la inhalación, especialmente cuando hay limitación de las vías respiratorias, se consigue con el atomizador de boquilla bajo impulso de aire comprimido. Estos producen, principalmente, gotas con un diámetro de 3-6 μm. Con ello se consigue alcanzar los bronquios medianos y pequeños. Para la inhalación en pacientes con neumonía son especialmente necesarias gotas pequeñas con un diámetro de 1-3 μm para llegar al ámbito de los alvéolos. Para ello hay aparatos de inhalación especiales, como cabezas atomizadoras. Como *sustancia portadora para los medicamentos* debe ser usada básicamente una solución estéril de aguauro salina al 0,9%.

- Los *broncoespasmolíticos (ß2 simpaticomiméticos)* actúan dilatando las vías respiratorias y ayudan a la descongestión de la mucosa.
- Los *vagolíticos* detienen el influjo del vago, actúan del mismo modo dilatando las vías respiratorias.
- Los *antialérgicos* reprimen la reacción alérgica.
- Los *esteroides* actúan inhibiendo las inflamaciones.
- Los *antibióticos* tienen una acción antibacteriana.
- Los *mucolíticos* deben actuar licuando las mucosidades.

Sin embargo, la aplicación inhalatoria de mucolíticos está cuestionada, ya que llega a los pulmones muy poca cantidad de sustancia (por tanto, es preferible la disposición sistemática), y en pacientes sensibles puede provocar incluso una obstrucción. La inhalación de una solución de cloruro sódico (agua salina) al 0,9 % o hipertónico permite registrar un buen efecto secretolítico.

Para obtener el mejor efecto posible en una inhalación hay que respetar las siguientes reglas:

1. El paciente debe estar sentado lo más relajado y recto posible (para pacientes postrados en cama, reclinamiento asistido).
2. La inhalación debe realizarse despacio y profundamente mediante una boquilla (excepción: respiración con mascarilla en lactantes y niños). Los labios envuelven completamente la boquilla mientras los dientes la muerden ligeramente.
3. Al final de la inhalación se debe mantener una pausa respiratoria de 3 a 10 segundos sin cerrar la glotis; esto se conseguirá más fácilmente si se invita al paciente a imaginarse que sigue respirando.
4. La espiración debe realizarse por la nariz o la boca, pasiva, activamente o bajo la aplicación de otro aparato terapéutico como el sistema PEP, el VRP 1 o el VRP 2.
5. La tecla interruptora del pulverizador debe ser apretada sólo durante la inspiración para evitar una pulverización del medicamento en el aire de la habitación.
6. La frecuencia respiratoria debe ser lo más baja posible (aproximadamente 8-12 aspiraciones por minuto).

La **duración** y **frecuencia** de la aplicación variarán preferiblemente entre 5 y 15 minutos, y tre a seis veces al día.

Se consideran **indicaciones**:

- Mucoviscidosis.
- Bronquiectasia.
- Asma bronquial.
- Bronquitis obstructiva crónica.
- Neumonía.

Higiene: En la preparación de la solución inhalatoria debe atenderse necesariamente a que, además de una limpieza perfecta de las manos, no se debe usar la solución de cloruro un día después de haberla abierto. El atomizador debe desmontarse completamente después de cada inhalación y se debe limpiar con agua caliente o en el vaporizador y secarlo bien.

En inhalaciones en ámbito estacionario el atomizador debe ser reemplazado cada tres días o como mucho tras una semana –diariamente para pacientes inmunodeprimidos– por otro aparato esterilizado.

2.5.10. Eliminación de secreciones

Con 80 m^2 y una circulación de 10.000 litros de aire al día, el pulmón presenta una gran superficie de intercambio en la que, forzosamente, junto con el aire necesario para vivir se respiran otras sustancias nocivas. Las sustancias nocivas pueden aparecer en forma de gases, minerales, vapores (humos) y partículas orgánicas.

Los filtros extrapulmonares naturales (nariz, laringe, cuerdas vocales) impiden la penetración de partículas sólidas, mientras que los gases pueden llegar al ámbito alveolar.

A lo largo de nuestra historia evolutiva se han desarrollado los más diversos mecanismos de defensa que realizan las funciones de limpieza del sistema broncopulmonar.

Se diferencian:
- Descongestión mucociliar
- Descongestión por tos
- Descongestión alveolar.

Descongestión mucociliar

Mediante la descongestión de la mucosa tiene lugar la limpieza de la laringe más o menos hasta la 16ª generación bronquial (mecanismo de autoentrenamiento fisiológico). Esta zona está determinada por células del epitelio portadores de cilios o pestañas. En una única célula se encuentran unos 200 pelillos vibrátiles con una longitud de 2-7 μm (según el tamaño de las vías respiratorias) y un diámetro de 0,2-0,3 μm. Las pestañas vibran como si fueran látigos, azotando con una frecuencia de 11 a 16 golpes/segundo, y transportan la secreción en dirección contraria a la acción de la gravedad donde o bien es expulsada por la tos o tragada. La secreción bronquial esta ordenada por encima del epitelio de la mucosa de la siguiente manera (Figura **2.143 a** y **b**):
- en una *fase sol* (solución) acuosa que está inmediatamente después del epitelio, y
- en una *fase gel* viscosa que está colocada encima como una alfombra.

En la fase sol los cilios se preparan para la descarga y se introducen con sus puntas desde abajo en la fase gel. Así se forma un transporte de secreción homogéneo y encadenado.

La formación de secreción bronquial tiene lugar a través de las células caliciformes y las glándulas submucosas de la parte superior de las vías respiratorias, también se ponen de manifiesto partes de células claras, surfactantes y líquidos tisulares.

En las vías respiratorias humanas la mucosidad se compone en un 95% de agua, además de sales, lípidos y glucoproteínas.

Sus funciones son:
- un efecto protector de la desecación de las vías respiratorias,
- la limpieza de las sustancias nocivas y los microorganismos infiltrados, y
- una barrera inmunológica.

A través del sistema mucociliar se producen y transportan en 24 horas, según el autor, entre 4 y 150 ml de secreción en las personas sanas.

Descongestión por tos

La limpieza mediante la tos, hasta la zona de la séptima generación bronquial, se considera el *mecanismo sustitutivo* decisivo cuando la descongestión de la mucosidad no es suficiente (ver también mecanismo de la tos).

En el golpe de tos se produce primero, a través del cerramiento de la glotis, una sobrepresión en el tórax. Tras la abertura explosiva de la glotis se produce en las vías respiratorias una gran velocidad en la corriente de aire que provoca la expectoración de la mucosidad sobreponiéndose a la fuerzas que actúan en las paredes bronquiales.

Para que la tos pueda expeler la mucosidad debe existir una determinada cantidad de moco con un grosor específico. Con poco esputo se redu-

ce el efecto de las fuerzas cerca de la pared bronquial y el golpe de tos no puede mover ni sacar la mucosidad.

Si se realizan varios golpes de tos, el efecto es muy diferente. Mientras que el primer golpe de tos produce aproximadamente el 60% del esputo, en el segundo el efecto se reduce considerablemente.

Descongestión alveolar

Más allá de la 16ª generación bronquial ya no hay ningún cilio más. De la descongestión alveolar cuidan principalmente el *surfactante* y los *macrófagos*, que actúan por fagocitosis. La eliminación de partículas en esta zona es bastante lenta, oscilando entre 24 horas y 100 días. El surfactante se forma en los alvéolos y tiene, entre otras, la tarea de regular la tensión superficial en los alvéolos y mejorar la capacidad de transporte de la mucosidad.

Factores que alteran la función de limpieza

- Mecanismo de tos inefectivo por diversos orígenes.
- Irregularidades en la formación de la mucosidad por noxas, inflamaciones (aumento de la viscosidad).
- Necrosis y baja movilidad del epitelio vibrátil:
  - por inhalación del humo de los cigarrillos,
  - inflamaciones,
  - así como determinados medicamentos (bloqueadores de los receptores ß; medios tranquilizantes),
  - narcosis,
  - abuso del alcohol,
  - oxígeno > 50%,
  - inmovilidad.

Las *enfermedades* en las que existe un desajuste típico de la descongestión son por ejemplo: las bronquitis crónicas, la fibrosis quística y el síndrome de irregularidad congénita del sistema mucociliar.

El tratamiento medicamentoso de la mucoestasis se realiza mdiante:

- Secretolíticos = estimulan la eliminación de mucosidad acuosa y aumentan el volumen de la secreción. El contenido de agua de la secreción bronquial aumenta, se reduce la viscosidad y el moco puede ser expulsado más fácilmente por la tos.
- Mucolíticos = reducen la viscosidad de la mucosa.
- Secretomotores = activan la actividad de los cilios y con ello la rapidez de transporte de la mucosidad.
- Inhalación con soluciones (agua salina) o medicamentos (ver también el apartado *Terapia inhalatoria).*
- En pacientes con enfermedades obstructivas broncopulmonares puede estar indicada, antes de la fisioterapia, la aplicación de un medicamento broncodilatdor.

En el paciente con estasis mucosa debe evitarse la deshidratación aunque también se ha cuestionado una hidratación adicional para mejorar la descongestión bronquial.

En la tabla **2.8** se ofrece un resumen de las posibilidades fisioterapéuticas para la eliminación de la mucosidad.

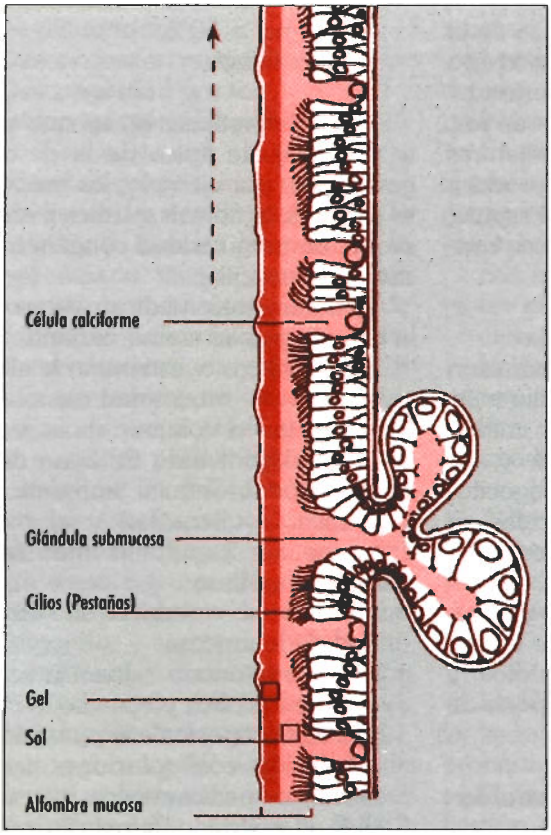


Figura 2. 143 a y b: *Descongestión de la mucosa:* ***a*** *Alfombra mucosa sobre epitelio.* ***b*** *Movimiento de los cilios y dirección del transporte.*

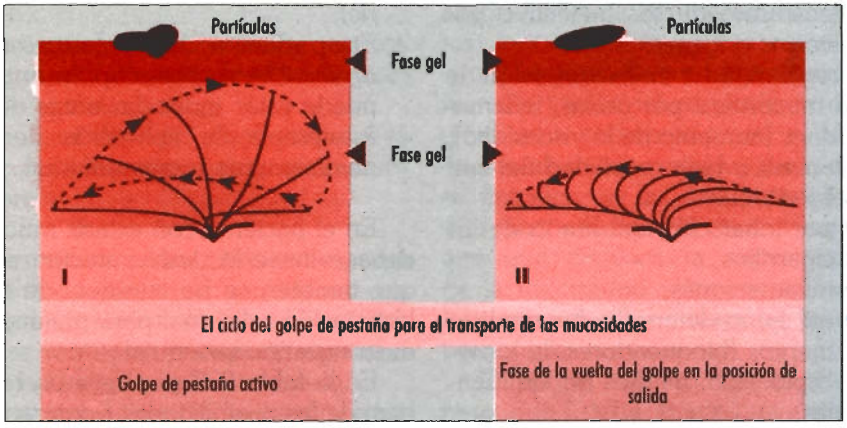


Tabla 2.8: *Posibilidades para la eliminación de las mucosidades.*

Principios	Posibilidades
La oscilación del calibre bronquial sincronizado con la respiración y diversas velocidades de flujo de la corriente respiratoria protegen la ruptura y transporte de la mucosa en la hipersecreción, ante todo en las vías respiratorias menores	• Respiraciones profundas con técnicas de inspiración y espiración, tambien con ruidos, técnica de espiración forzada, en pacientes con enfermedades obstructivas broncopulmonares, freno labial dosificado • Drenaje autógeno • respiración PEP (sistema PEP o mascarilla)
Efecto de la acción de la gravedad	• Cambios de posición, soporte de posición de drenaje, posición de dilatación
Agitaciones	• Sacudida vertical por medio de saltos, también sobre el balón de Pezzi, correr, salto de trampolín • Vibraciones exógenas y percusiones por el terapeuta o mediante aparatos • Vibraciones endógenas por medio del VPR1 • Sacudidas
Movimiento	• Actividad corporal adecuada, la inmovilidad reprime el movimiento de los cilios
Tos	• Técnicas para toser
Lisis de secreciones	• A través de la inhalación • Por medio de calor en el tórax, por ejemplo con rodillos calientes

La mejora de la eliminación de secreciones por medio de la EPIT = *expiratory pressure interruption technic* (técnica de interrupción de la presión espiratoria) y la HFJV = *Hochfrequenz-Jet-Ventilation* (ventilación de alta frecuencia) son procedimientos técnicamente complicados y están reservados a las clínicas.

2.5.11. Resultados de las técnicas terapeúticas respiratorias

Los resultados detallados a continuación son los resultados del tratamiento referidos a la mecánica respiratoria, la ventilación y la perfusión–movilización y disolución de secreciones, que fueron observados en pacientes y, en parte, medidos. Diferenciamos entre cambios de la forma de respirar a corto plazo, es decir, mientras actúa el estímulo del tratamiento, y modificaciones de la respiración a largo plazo (más duraderas). Lo último es posible sólo con continuas repeticiones del estímulo de tratamiento, es decir, en largos periodos de tiempo, lo que también está relacionado con la acomodación y modificación del comportamiento del paciente.

Esperamos:

- Cambio de las formas de respiración extremas –ocasionadas por emociones o hiperactividad– en dirección hacia una norma individual.
- Mejora de la flexibilidad del tórax, esto es, reducir la elevada resistencia tisular en la piel y músculos del tronco y movilización de las articulaciones de las costillas y vértebras.
- Mejora de la coordinación de los músculos respiratorios y la fuerza muscular respiratoria.
- Agrandamiento de las hojas de la pleura, así como un efecto dilatador en las aglutinaciones pleurales.
- Cambio transitorio de la ventilación, esto es, supresión de la hipoventilación y atelectasias, y mejora de la relación irregular ventilación / riego sanguíneo.
- Aumento transitorio del riego sanguíneo pulmonar, es decir, redistribución de la sangre pulmonar.
- Limpieza de los bronquios, es decir, separación / transporte / expulsión por la tos de la secreción bronquial.
- Dilatación de las vías respiratorias en la obstrucción endobronquial.
- Disminución de la compresión espiratoria en las vías respiratorias en la obstrucción exobronquial.
- Relajación.

2.6. RESPIRACIÓN ARTIFICIAL MECÁNICA

H. Ehrenberg

El concepto de respiración mecánica se refiere al traspaso parcial o total de la respiración espontánea a un aparato de respiración artificial (respirador). Esto es necesario cuando el intercambio de gases en los pulmones no garantiza una captación suficiente de oxígeno y la eliminación del dióxido de carbono. Esto ocurre como consecuencia de estados peligrosos para la vida causados por diferentes enfermedades, por agotamiento de los músculos respiratorios, en la fase postoperatoria inicial y en estados post-traumáticos. Para entender las condiciones hemodinámicas y mecanicorrespiratorias en la respiración describiremos en primer lugar las referidas a la respiración espontánea.

En la *respiración espontánea*, con el cuerpo en reposo, las fuerzas mus-

culares de la respiración ensanchan el tórax y producen, frente a la presión atmosférica, una opresión (presión negativa). Esta diferencia de presión deja entrar el aire en los pulmones = inspiración. Al final de la inspiración hay un equilibrio de la presión, es decir, no hay diferencia de presión. Después, las fuerzas elásticas del pulmón y el tórax, que se han ensanchado en la fase de aspiración, estrechan la cavidad torácica y producen una sobrepresión (presión positiva) frente a la presión atmosférica. Ésta diferencia de presión deja salir el aire de los pulmones = espiración (Figura **2.144**).

Como consecuencia de la presión intratorácica en la inspiración se activa un reflujo venoso en los grandes vasos intratorácicos. Al mismo tiempo la presión intraabdominal aumenta por el movimiento inspiratorio del diafragma hacia caudal y se activa el reflujo venoso en los vasos abdominales en dirección al tórax.

Aplicación de la respiración artificial: los aparatos de respiración artificial (respiradores) están conectados a un suministro central de electricidad, oxígeno y aire a presión. En el lado del respirador cercano al paciente está colocado un sistema de calentamiento y humidificación para el gas respiratorio.

Camino de la respiración artificial: La respiración artificial es posible sólo a través de un acceso seguro a la tráquea. Esto se realiza por medio de la introducción de un tubo en la tráquea a través de la glotis (*intubación endotraqueal*), lo cual puede realizarse por la nariz (*nasotraqueal*) o por la boca (*orotraqueal*). En casos especiales el tubo debe ser introducido mediante una *traqueotomía*. El tubo se fija a la pared de la tráquea con ayuda de un manguito. Con ello se impide que el aire del sistema de respiración artificial escape o que la saliva o jugos gástricos lleguen a la tráquea (aspiración).

Parámetros de la respiración artificial:

- Concentración de oxígeno en la inspiración:

Si se proporciona oxígeno al paciente, debe hacerse controlando los gases de la sangre arterial para evitar daños a causa de altas y persistentes concentraciones de oxígeno en la sangre.

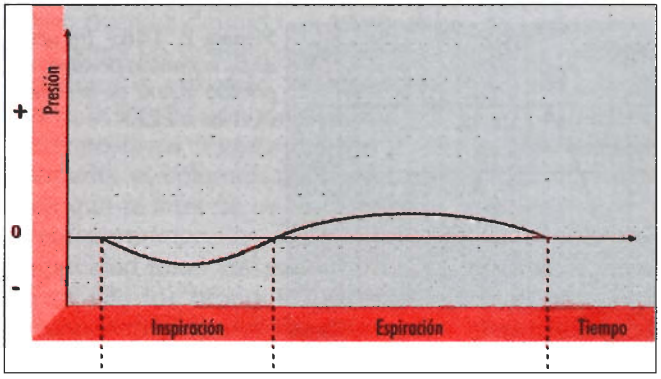


Figura 2.144: *Diferencia de presión intratorácica en la respiración espontánea.*

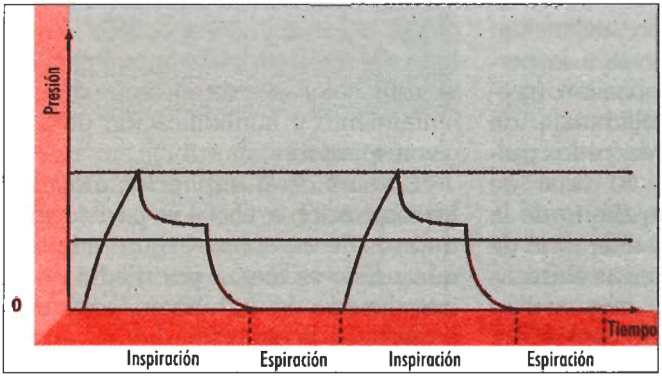


Figura 2.145: *Presión positiva con meseta de presión al final de la inspiración con la IPPV.*

- Volumen inspiratorio/frecuencia respiratoria:

Para mejorar la ventilación alveolar se respira con volúmenes inspiratorios mayores y, consecuentemente, con una frecuencia respiratoria más baja que en la respiración espontánea. También se insufla, a intervalos regulares, unas respiraciones más profundas, los denominados suspiros (2–4 por hora).

Formas de respiración artificial

Ventilación controlada IPPV = *intermittent positive pressure ventilation* (ventilación con presión positiva intermitente)

El gas respiratorio es presionado por el respirador hacia los pulmones a través del tubo y ejerce una presión positiva durante la inspiración. Ésta aumenta con el volumen insuflado a un valor punta que se mantiene en los pulmones por un corto espacio de tiempo, es decir, se crea una meseta de presión al final de la inspiración. Esto repercute favorablemente en la distribución del gas respirado en los pulmones. Durante la espiración la presión baja al nivel de la presión atmosférica (Figura **2.145**). Por tanto, a lo largo de todo el ciclo respiratorio hay una presión positiva en los pulmones. A través de la elevada presión intrapulmonar se desvía el reflujo

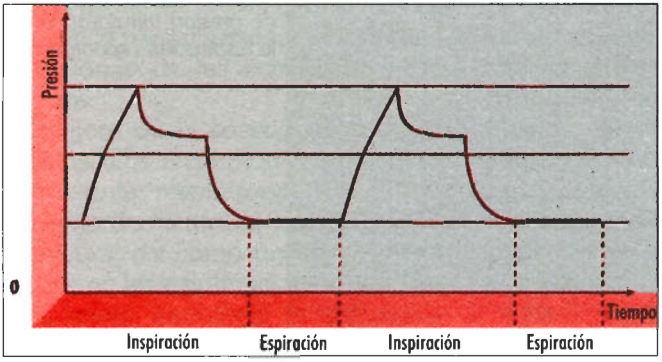


Figura 2. 146: *Transcurso de la presión positiva con presión al final de la espiración en la PEEP.*

venoso en el tórax hacia el corazón derecho. Resulta una deficiente insuflación del corazón derecho y por ello disminuye la expectoración.

El volumen respiratorio, la frecuencia respiratoria, la duración de la inspiración y la espiración, la presión de la respiración artificial y la velocidad de la corriente de aire vienen dados por la máquina. La respiración artificial controlada sucede sin actividad por parte de los pacientes, es decir, es traspasada completamente al respirador. Para que los pacientes no se opongan a la respiración controlada con "respiración en contra", se les seda con medicamentos.

PEEP = Positive endexpiratory pressure (respiración con presión positiva al final de la espiración)

La presión respiratoria positiva durante la inspiración en las vías respiratorias y los pulmones no desciende durante la espiración al valor inicial de la presión atmosférica. A través de la conexión de una resistencia espiratoria (válvula) en el aparato de respiración artificial desciende la presión de la respiración artificial a una presión positiva definida. A través de esta válvula en la rama espiratoria se mantiene la presión respiratoria durante la inspiración y espiración en niveles positivos (Figura **2.146**) y se incrementa el volumen pulmonar, de forma que al final de una respiración normal permanece en los pulmones la capacidad funcional residual.

Con ello los bronquios reducidos se ensanchan y los alvéolos pulmonares destruidos (atelectasias) se dilatan y el intercambio de gases en los pulmones mejora. Lamentablemente la PEEP incrementa los efectos hemodinámicos desfavorables descritos en la respiración artificial controlada. La respiración artificial con PEEP debe ser acompañada de una terapia que minimice estos efectos.

Respiración asistida

El volumen inspiratrio, la frecuencia respiratoria, la presión respiratoria, la velocidad de la corriente de aire en las vías respiratorias están prefijados en la respiración controlada asistida. Los pacientes intentan inspirar y producen una presión inferior en el sistema de respiración asistida, el llamado "impulso *trigger*" (gatillo). Los pacientes determinan por tanto el comienzo de la fase inspiratoria, el respirador se hace cargo de la inspiración ulterior (Figura **2.147**).

IMV = Intermittent mandatory ventilation (ventilación obligada intermitente)

El respirador insufla aire al paciente con una frecuencia respiratoria baja. Entre tanto los pacientes pueden respirar por sí solos.

SIMV = Synchronized intermittent mandatory ventilation (ventilación obligada sincronizada intermitente)

Es una forma mixta de respiración espontanea y ventilación mecánica. Las aspiraciones obligadas (*mandatory*) se intercalan homogéneamente en el tiempo y se sincronizan (*synchronized*) con la respiración espontánea del paciente. Así las aspiraciones

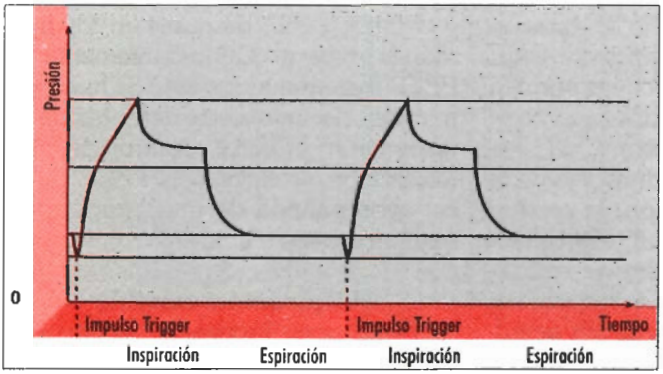


Figura 2.147: *Efecto del impulso trigger en la respiración asistida.*

mecánicas se acomodan a la respiración espontánea de los pacientes.

Flauta travesera

En los pacientes intubados pero que respiran espontáneamente se coloca en el tubo una pieza en forma de T. Los pacientes respiran a través del brazo de la pieza en forma de T aire humidificado y calentado y, en determinadas circunstancias, enriquecido con oxígeno. A través del otro brazo espiran (Kretz y colaboradores).

CPAP = Continous positive airway pressure (presión positiva continua en las vías respiratorias)

Durante todo el ciclo respiratorio se emplea en la respiración espontánea una presión positiva. Para que los pacientes mantengan una presión positiva durante la inspiración se coloca en el brazo inspirador del respirador un globo grande elástico para el aire fresco. En el brazo espirador se encuentra una válvula PEEP. El pul-

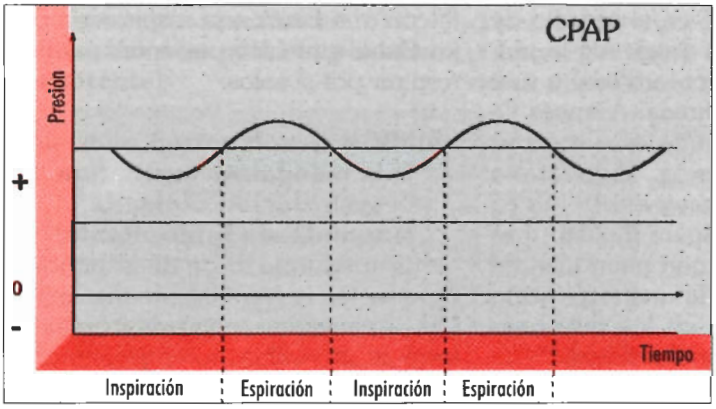


Figura 2.148: *Oscilaciones de la presión en la CPAP.*

món se lleva a una posición respiratoria central elevada, es decir, hacia el ámbito positivo. Las oscilaciones de la presión en la inspiración y la espiración corresponden al curso de la respiración como en la respiración espontánea (Figura **2.148**). A consecuencia de la elevación del volumen pulmonar el trabajo respiratorio es menor para el paciente. La CPAP puede ser aplicada mediante una máscara facial o nasal (Mang 1992). Se trata pues de una respiración asistida positiva que se aplica también a pacientes no intubados. La aplicación sin intubación entraña el peligro de hemorragia gástrica.

BIPAP= Bi-level positive airway pressure

(presión respiratoria positiva continua con dos niveles de presión graduables por separado)

Para un aligeramiento en la espiración, se ajusta la presión espiratoria más baja que la presión inspiradora. La BIPAP es una ayuda respiratoria intermitente = temporal que se aplica mediante una máscara facial (ventilador CPAP nasal).

Vigilancia del paciente con respiración asistida

La respiración y otras funciones vitales de los pacientes se controlan con métodos clínicos y con aparatos. A ellos pertenecen la monitorización, un sistema de señales acústicas y ópticas para el control de las funciones vitales de los pacientes. Cuando los parámetros dados por el electrocardiograma, frecuencia cardíaca, presión sanguínea, saturación de oxígeno en la sangre arterial, concentración de dióxido de carbono en el aire espirado, se desvían de su posición original, el monitor da la alarma. Entonces la adaptación al respirador debe ser cambiada en determinadas circunstancias. A menudo son falsas alarmas causadas por la manipulación de los pacientes, por el movimiento o la tos de los pacientes (también durante el tratamiento fisioterapéutico). En este lugar no se pueden abordar ni el tema de la *deshabituación* (*weaning*) de los pacientes de la respiración asistida, ni las ventajas e inconvenientes de las distintas formas de respiración asistida así como las diversas indicaciones, para lo que remitimos a la literatura especializada.

2.7. MOVERSE EN EL AGUA

H. Weber

El organismo humano está adaptado a ser activo bajo los condicionamientos de la acción de la fuerza de la gravedad. Andar, montar en bicicleta, lanzar una pelota, todas nuestras actividades diarias son posibles, cada una en su desarrollo particular, a través de la actuación de la gravedad. Cuando portamos o alzamos un peso somos conscientes de la gravedad por la fuerza muscular que hay que reunir.

Aunque el agua esté igualmente sometida a la gravedad, su influencia disminuye en los órganos del movimiento y apoyo cuando sumergimos el cuerpo en el agua.

Los movimientos en el agua están sujetos al efecto del empuje y la resistencia de fluidos que a muchos seres

humanos produce miedo o inseguridad. La permanencia en el agua se vuelve más insegura cuando la profundidad de inmersión es más profunda. Al elevar una pierna no notamos ni el peso de la pierna ni la fuerza muscular aplicada. Si la presión en la articulación se eleva, el tono muscular cambia. Si queremos, sin embargo, avanzar nadando por el agua, observamos que para obtener el mismo resultado que en la tierra necesitamos consumir bastante más energía.

Con la permanencia en el agua, las condiciones mecánicas del agua inmóvil (hidrostática) y del agua en movimiento (hidrodinámica) influyen en el sistema cardiocirculatorio, en la respiración y también en el sistema de apoyo y movimiento. El organismo sano está en situación de adaptarse inmediatamente a este esfuerzo.

En el tratamiento fisioterapéutico de pacientes con diferentes enfermedades se debe tener en cuenta la influencia del líquido inmóvil (presión hidrostática, flotación) y del líquido en movimiento (resistencia del fluido) así como la temperatura del organismo humano.

Todas las medidas están condicionadas, tanto en su calidad como en su cantidad, por el efecto de la mecánica del agua, es decir, son específicas del agua. Los métodos y técnicas que fueron desarrollados para la gravedad no se pueden aplicar y ser traspasados sin más al tratamiento en el agua. La función corregida y profundizada en el agua sólo puede, en principio, ser traspasada a la natación.

Si, con ello, las funciones que se han realizado bajo las condiciones de la gravedad mejoran, se deben revisar en tierra. Un tratamiento en el agua apoya y completa, no obstante, las medidas de tierra. Ambas medidas juntas acortan el tratamiento y contribuyen a que las actividades de la vida diaria se realicen más hábil y asiduamente.

2.7.1. Condiciones para el tratamiento en el agua

1. Las *contraindicaciones* se deben a heridas abiertas, procesos inflamatorios del sistema urogenital, enfermedades de la piel y trastornos no compensables en la vejiga y el intestino.
2. La *profundidad del agua* en la que se debe trabajar es individual, dependiendo de la estatura del paciente y oscila entre 90 cm y 1,20 m. Por debajo de esta profundidad, tanto el paciente como el terapeuta necesitan una posición de salida segura.
3. *Temperatura y duración de la estancia*: un enfriamiento prematuro se evita cuando la temperatura del agua oscila entre los 31 y 36°C. La estancia en esta temperatura, también llamado ámbito indiferente, no produce según la temperatura de la piel individual ninguna reacción termoterapéutica. Dependiendo del resultado, de la intensidad del tratamiento y de la constitución de cada paciente, la duración de la permanencia en el agua puede elevarse hasta una hora.
4. *Posiciones iniciales*: a consecuencia de la respiración, la selección

de la posición inicial está restringida en comparación con las que se realizan en tierra.

- **Posición sentada** (Figura **2.149**): Suponiendo que las funciones de las piernas posibiliten esta posición inicial, puede ser utilizada para el tratamiento con diferentes finalidades como:
- Si se mete en el agua el paciente hasta la altura de los hombros, tendrá un empuje óptimo y una posición inicial estable.
- Todas las articulaciones así, como la columna vertebral, se descargan más ampliamente.
- La posición de las piernas abiertas a la anchura de las caderas garantiza una gran superficie de apoyo. Para una movilidad lo más amplia posible de las caderas, las rodillas y las articulaciones tibiotarsianas superiores, es deseable una posición de las articulaciones entre 90 y 110 grados. Según la constitución y movilidad de estas articulaciones se debe buscar una profundidad del agua para cada individuo.
- Mediante la inmersión en el agua hasta la altura de los hombros los brazos son empujados hacia arriba delante del cuerpo y los músculos de la zona de los hombros y brazos se relajan,
- La cabeza no se puede sumergir incontroladamente en el agua. Esto es especialmente importante en pacientes que todavía tienen miedo y están inseguros.
- La respiración puede ser activada por el paciente de una manera controlada o puede ser revisada.
- El paciente tiene una buena orientación corporal y espacial, y contacto visual con el terapeuta.
- **Posición de decúbito supino:** Ver apartado sobre de empuje.
- **Posición de decúbito prono:** Esta posición inicial es muy esta-

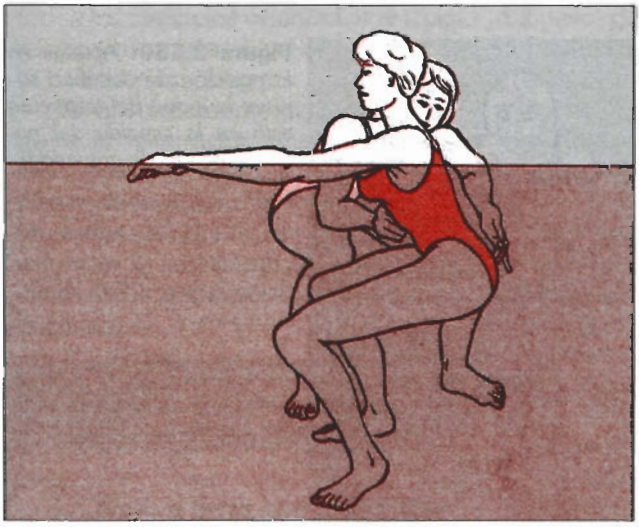


Figura 2.149: *Posición sentada: posición inicial para la movilización de la columna vertebral en la región lumbar y de la articulación de la cadera.*

ble y el paciente la experimentará como segura. Para poder trabajar en la posición de decúbito prono, el paciente debe ser capaz de respirar de forma espontánea y automática en el agua.

5. *El fisioterapeuta trabaja junto con el paciente básicamente en el agua*. Debido a la pérdida de la gravedad, el paciente depende de las informaciones táctiles de quien le trata. Con un contacto pasajero y que transmita seguridad por parte del terapeuta pueden relajarse con más rápidez los músculos del enfermo. Los movimientos pueden ser mejorados y el paciente experimenta que sus movimientos en el agua tienen otra calidad.
6. *Para el ejercicio*: Las ayudas del terapeuta serán tan pequeñas como sea posible y se reducirán progresivamente.
   Ejemplo (ver figura **2.150**): Si el paciente se encuentra en posición de decúbito supino, el contacto del terapeuta debe hacerse sólo con una mano en la espalda del paciente, a la altura del centro de gravedad corporal en el ámbito lumbar entre D11 y S2. El paciente debe sentir el empuje, pero no debe ser agarrado o levantado. El terapeuta hace esta maniobra sin esfuerzo. Cuando se encuentra la posición de decúbito supino estable, se puede abandonar el contacto hasta que un nuevo ejercicio haga de nuevo necesaria una ayuda provisional.

   En la posición de decúbito supino el paciente tiene pocas posibilidades de orientación. Su mirada está dirigida al techo y sus oídos se encuentran bajo la superficie del agua por lo que una comunicación visual y verbal es complicada. El paciente se mueve exclusivamente por la dirección manual (información táctil) emitida por el fisioterapeuta. Debido a la reducida

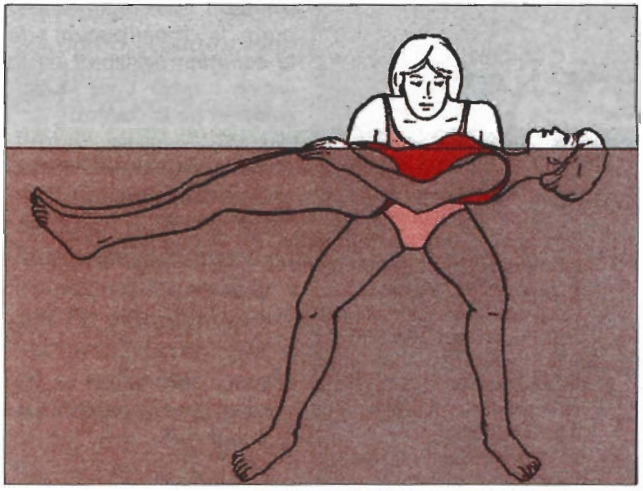


Figura 2.150: *Ayudas en la posición de decúbito supino: la mano del terapeuta está en la espalda del paciente centro de gravedad).*

percepción, el ejercicio ha de realizarse en un principio en cortos intervalos. En las pausas, en las que el paciente abandona el decúbito supino, el fisioterapeuta informa al paciente sobre lo que ulteriormente pretende de él.

Para que el paciente se pueda acostumbrar a la realidad del agua, debe disponer de un tiempo suficiente para practicar. El miedo y la inseguridad provocan una alta tensión muscular prolongada que impide una posición de decúbito supino independiente en el agua y que dificulta el trabajo posterior. Mediante las medidas correspondientes, el paciente debe mantener por sí mismo su posición en el agua o poder sentirla como cómoda con un mínimo contacto por parte del fisioterapeuta. Los ejercicios que cambian la comprensión para el procedimiento del movimiento en el agua, y que tienen como meta mejorar la sensibilidad corporal, nos serán mostrados por el método Halliwick según James McMillan. Por otra parte todos los ejercicios orientados al diagnóstico son vistos bajo el aspecto de la habituación al agua.

Es absolutamente necesario controlar la respiración y, si se diera el caso, practicar una y otra vez. El paciente debe aprender con numerosas unidades de ejercicios a respirar sin esfuerzo y automáticamente en el agua. Debe poder soportar el agua en la cara.

2.7.2. Tratamiento en el agua en reposo

Presión hidrostática

La presión de la gravedad (fuerza del peso) del agua, es decir, la presión hidrostática, aumenta de arriba abajo y la del fondo del recipiente (piscina, mar) del líquido es la más alta. Su magnitud se calcula como la altura de la columna de líquido (profundidad del agua) que pesa sobre un determinado punto, así como la densidad del agua. El agua dulce y caliente tiene una densidad menor que el agua fría y salada.

La presión hidrostática es un estímulo mecánico que produce efectos principalmente en el sistema cardiocirculatorio y en la respiración, y que indirectamente también influye en la actividad renal.

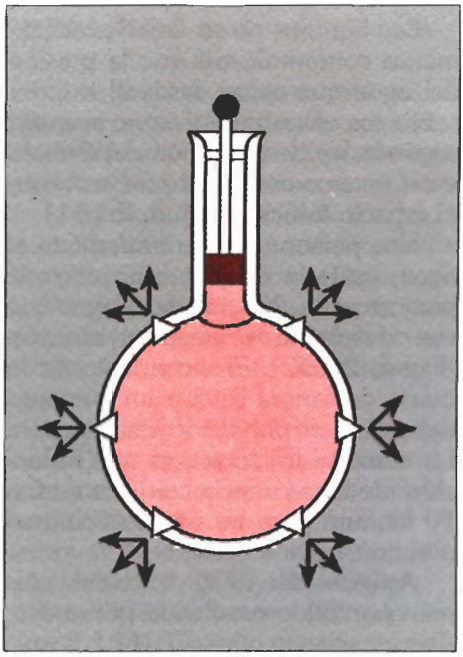


Figura 2.151: *La presión del émbolo tiene por efecto que el líquido se desborde por igual por todas las aberturas de la vasija (de Müller y Gräfe).*

Los líquidos no se dejan prácticamente comprimir, así que la presión del agua que actúa desde el exterior sobre los vasos cutáneos se propaga según la ley de la presión del émbolo en el sistema vascular hacia arriba en el espacio torácico (Figura **2.151**).

Una persona que se traslada en el agua, estando de pie, está afectada por cerca de 200 ml de sangre que son desplazados hacia el corazón (Figura **2.152**). El incremento de la oferta de sangre lleva a un aumento del volumen por latido del corazón. La reacción fisiológica es una reducción de la frecuencia cardíaca de 6 a 10 lat./min para un mismo volumen minuto cardíaco.

Aplicación: El aumento del volumen por latido producido por el desplazamiento del volumen de sangre es una carga para el corazón que un hombre sano tolera bien. En enfermos cardíacos debe tener lugar una clarificación médica. En las personas mayores, cuyo sistema cardiocirculatorio es menos resistente, es irrenunciable un reconocimiento y una objetivación de la resistencia personal a través de:

- La frecuencia cardíaca. Se debe comprobar antes de la entrada en el agua y compararse con la de la estancia en el agua.
- La serie de ejercicios dinámicos con los que la resistencia del sistema cardiocirculatorio es dosificada. Los ejercicios con una gran componente estática cambian las relaciones de riego sanguíneo en la periferia y someten a esfuerzo el sistema cardiocirculatorio.

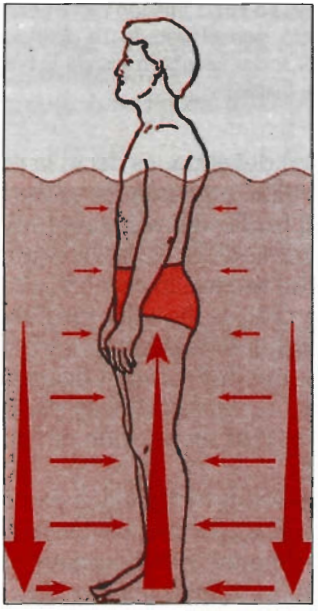


Figura 2.152: *Efecto de la presión hidrostática en el cuerpo.*

Empuje

Si se sumerge un cuerpo en el agua, queda sometido a dos fuerzas (Figura **2.153**):

1. Una está dirigida hacia abajo, la ejerce el peso del cuerpo y está siempre aplicada en el centro de gravedad corporal (CGC).
2. Otra está dirigida hacia arriba, ejercida por el peso del volumen de líquido desplazado por el cuerpo y aplicada sobre el centro de gravedad de dicho volumen de liquido desplazado (VLD). Se corresponde con el denominado empuje hidrostático (empuje).

El empuje, como consecuencia de la presión hidrostática, es una fuerza que actúa contra la gravedad y hace el

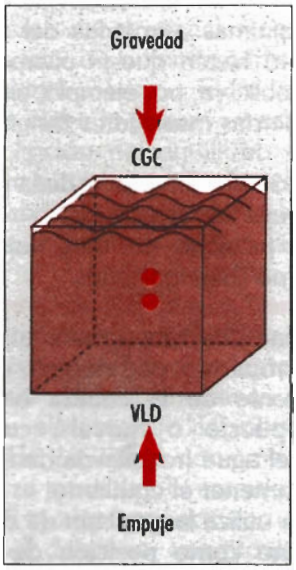


Figura 2.153: *El empuje hidrostático y la fuerza del peso actúan en sentido contrario. El cuerpo es estable cuando el centro de gravedad (CGC) y el volumen de líquido desplazado (VLD) están el uno cerca del otro y sobre una recta vertical.*

efecto de una pérdida de peso. La magnitud de la aparente disminución de peso depende de la relación entre ambas fuerzas. Si predomina el empuje entonces el cuerpo flota. Un cuerpo se sumerge en el agua hasta la profundidad necesaria para que el peso del volumen de líquido desalojado compense el peso del cuerpo. Si, por el contrario, la fuerza del peso es mayor, entonces el cuerpo se hunde, su peso se conserva parcialmente. Este aspecto tiene repercusiones en el sistema de movimiento y de apoyo. Cuanto mayor sea la influencia del empuje, la carga de la articulación será menor, dependiendo de la posición inicial, y los músculos estarán más relajados.

Estabilidad de la posición de natación

Cuando una persona está en el agua en posición de decúbito supino, la estabilidad en esta postura sólo está garantizada cuando, como se muestra en la figura **2.153**, el CGC y el VLD se encuentran cerca y ambos puntos de aplicación están en un eje vertical.

Pérdida de volumen: El paciente gira sobre el eje longitudinal del cuerpo cuando se alza el brazo sobre el agua.

La estabilidad o labilidad (inestabilidad) de la postura para flotar se produce cuando la relación de las fuerzas de peso se modifica por el volumen desplazado y con ello varía la posición del CGC y el VLD por:

Perdida de volumen – Ejemplo (Figura **2.154**): Cuando el paciente está en posición de decúbito supino en el agua y eleva una mano o un antebrazo fuera del agua, el cuerpo gira hacia el lado en el que se ha disminuido la superficie de empuje. Gira hasta que la posición se hace nuevamente estable. Este ejemplo de un cambio de equilibrio puede ser utilizado como ejercicio, instando al paciente a que se estabilice para reaccionar contra el movimiento de rotación.

Cambio de la posición corporal bajo la superficie del agua – Ejemplo: Cuando el paciente se encuentra en posición de decúbito supino, el cuerpo se hunde en el agua al hacer una espiración profunda. Si el brazo derecho se encuentra flexionado y el izquierdo junto al cuerpo, entonces el paciente gira hacia el lado izquierdo.

No todas las personas son capaces de adoptar una posición estable. A

menudo se observa que las piernas se hunden (figura **2.150**). En las piernas predomina el peso debido a las grandes masas óseas y musculares, en contraste con la parte superior del cuerpo que está ocupada en su gran mayoría por los pulmones, portadores de aire. El CGC está situado más hacia los pies que el VLD, el equilibrio es inestable ya que ambos centros de gravedad no están en un eje vertical. El CGC se hunde, el VLD se convierte en centro de rotación (Braham 1982). Si los brazos se flexionan lentamente bajo la superficie del agua en esta posición oblicua, las piernas se levantan hacia arriba (cambio de postura corporal bajo el agua). El VLD y el CGC se aproximan de tal manera que la posición de decúbito supino puede ser estable (Figura **2.155**).

El cuerpo humano no sólo se hunde por la parte de los pies, ya que el esfuerzo giratorio sobre el eje longitudinal es muy grande. Los mínimos movimientos de rotación de la cabeza o las mínimas asimetrías del cuerpo (posición) hacen que el cuerpo rote; esto se observa, por ejemplo, en:

- asimetrías musculares insignificantes,
- una desviación lateral de la columna vertebral (escoliosis),
- una parálisis de una parte del cuerpo (hemiparesia).

El paciente reaccionará al movimiento rotatorio, por ejemplo con un movimiento de la cabeza hacia el lado opuesto o moverá con sus manos el agua (resistencia de fluidos) para mantener el equilibrio.

Si se utiliza la posición de decúbito supino como posición de salida para ulteriores movimientos, entonces se debe asegurar y mejorar con ejercicios, por ejemplo para la reducción de la tensión o la expansión de los músculos de una parte del cuerpo. El paciente con hemiparesia, que está obstaculizado por su pérdida de sensibilidad superficial y profunda y alterado en su percepción de la situación

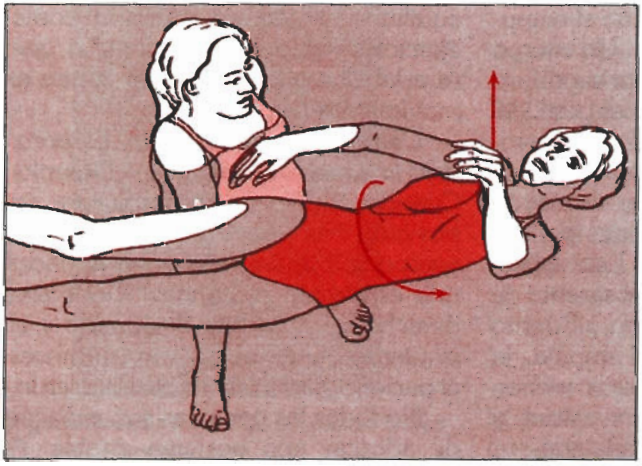


Figura 2.154: *Pérdida de volumen: el paciente gira sobre el eje longitudinal del cuerpo cuando alza el brazo sobre el agua.*

del cuerpo en el espacio (agua), no reaccionará espontáneamente a este movimiento rotatorio. El fisioterapeuta debe evitar la rotación y saber que la percepción del equilibrio en esta posición sólo mejora mediante actividades como la natación a lo largo de un extenso periodo de ejercicios.

Efecto y aplicación del empuje

1. *Mejora de la coordinación* (favorecimiento del movimiento): Mediante el efecto mecánico del empuje, el desarrollo del movimiento puede realizarse con una menor fuerza muscular. El empuje favorece el movimiento activo cuando se aplica despacio. Los movimientos pueden ser suavizados. En este caso hay que conseguir una mejora de la fuerza muscular, con lo que los ejercicios en tierra serán más seguros, mediante el movimiento contra la resistencia del fluido. Como se ha descrito antes, según el resultado de las reacciones al equilibrio, éstas pueden ser aprovechadas cuando se utilizan las circunstancias, pérdida de volumen o cambio de la posición corporal, a las que se aspira.
2. *Relajación muscular:* La pérdida de peso que está unida al efecto del empuje produce una reducción del tono muscular. Ello depende de la disminución del volumen individual de cada persona y de las medidas del fisioterapeuta. La disminución del tono es favorecida por una temperatura del agua en el "ámbito indiferente" de 31 a 36°C. Tras una estancia prolongada, el paciente debe poder percibir una relajación general. Según el diagnóstico, debe realizarse una reconstrucción del tono muscular mediante ejercicios isométricos antes de salir del agua.

Por otro lado, la disminución del tono es condición para una posición inicial estable y segura en la posición de decúbito supino o posición sentada, la que el paciente es potencialmente más movible.

3. *Descarga de las articulaciones*: Bajo el efecto del empuje, se adaptan los mecanorreceptores de la piel. La presión en las articulaciones disminuye con la progresiva profundidad del agua. Puede realizarse una dosificación sobre la altura del nivel del agua. *Ejemplo:* Si el paciente está en el agua hasta la altura del pecho, en sus articulaciones se carga un peso de 15 a 30 kg. Cuanto más se sumerja en el agua (ver posición sentada), menor será la presión en las articulaciones. Una aplicación produce en todos los enfermos en los que se deba trabajar un aligeramiento, o en los que la reducción de la presión sea una condición favorable, por ejemplo en:

- Fracturas que son inestables para la carga. Con medidas específicamente acuáticas, que transcurren paralelamente al tratamiento en tierra, la musculatura puede reforzarse, mejorar la movilidad de las articulaciones y ser entrenada la capacidad de resistencia general.
- Artrosis coxal: Mediante el aligeramiento, el paciente experimenta

una movilidad mejorada y sin dolor de su articulación de la cadera.

4. *Reducción del dolor*: La descarga de las articulaciones, junto con la normalización del tono muscular, puede llevar a una reducción del dolor en las regiones del cuerpo afectadas (articulaciones, columna vertebral). Así, el paciente con dolores de espalda se puede mover, por ejemplo, bajo la influencia del *empuje (interrupción de la gravedad) sin presentar dolor.*
5. *Mejora de la movilidad de las articulaciones*: Sólo la estancia en el agua a una temperatura indiferente (como la descrita en la pág. 296) ofrece condiciones favorables para la movilización de una articulación. Para mejorar la movilidad articular, el fisioterapeuta debe:

- Diferenciar qué articulaciones pueden ser tratadas con éxito y en qué condiciones de limitación de movimiento hay que movilizar. Se pueden realizar bien una movilización de las articulaciones de la cadera y la rodilla así como la columna lumbar y dorsal.
- Trabajar en una posición inicial segura (profundidad del agua individual).
- Fijar la articulación tratada del paciente. Para que el empuje sea eficaz como propiedad específica del agua y como método de terapia, la fijación del terapeuta debe ser lo más pequeña posible. El contacto se lleva a cabo con la mínima presión y el movimiento se pone en práctica lentamente.

2.7.3. Tratamiento en el agua en movimiento

Resistencia a la corriente

La hidrodinámica describe el comportamiento de los líquidos que fluyen y que son incompresibles. En corrientes reales siempre se produce una resistencia por el frotamiento de las moléculas de agua. Si nos movemos nadando por el agua, nuestros movimientos se ven frenados. Para superar la resistencia de la corriente se debe utilizar la fuerza muscular. La magnitud de esta resistencia depende de:

- La superficie de la sección transversal (superficie frontal) del cuerpo en un sentido perpendicular a la dirección de la corriente. Cuanto más grande y angulosa sea la superficie frontal, mayores serán la resistencia y la fuerza muscular necesarias. Para la natación esto significa que cuanto más en la superficie esté el cuerpo en el agua, menor será la resistencia.
- De la densidad del agua que, a su vez, es función de la temperatura.
- De la velocidad de la corriente: los cálculos dicen que la resistencia del agua aumenta con el cuadrado de la velocidad; si se dobla la velocidad, la resistencia se cuadruplica.

Utilización de la resistencia de la corriente

1. *Movilización de la articulación a través de un movimiento ayudado*
Ejemplo: La meta es la mejora de la movilidad de las vértebras lumbares y dorsales en la flexión late-

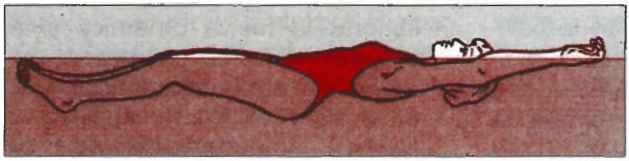


Figura 2.155: *Se puede alcanzar una posición estable mediante el cambio de la posición de los brazos.*

ral. Los pacientes se colocan en posición de decúbito supino, el fisioterapeuta está colocado a su lado o entre las piernas del paciente y coge su pelvis con ambas manos. Mueve al paciente ininterrumpidamente hacia la derecha y/o la izquierda hasta el final del movimiento. A través de la ampliación de la superficie frontal, el paciente realiza el ejercicio manteniendo los brazos en tensión, aumentando la extensión del movimiento con el incremento de la resistencia (Figura **2.157**).

2. *Mejora de la fuerza dinámica*: La fuerza empleada es más grande cuanto más grande sea la superficie extendida y más elevado sea el tempo de un movimiento.
   Ejemplo: En la posición de salida y en la dirección del movimiento, tal y como se ha descrito en el apartado 1, el paciente se debe incorporar, en el final del movimiento y contra la resistencia, desde una flexión lateral. Se consigue una mejora de la fuerza estática cuando, como se ha expuesto en el ejemplo anterior, el tronco se mantiene en extensión, mientras que el fisioterapeuta mueve contra el agua al que realiza el ejercicio.

Según la velocidad de la corriente, diferenciamos los tipos de corriente en corriente laminar y corriente turbulenta.

El comportamiento de la corriente laminar se determina por el rozamiento interno. Los movimientos lentos del cuerpo en el agua mantienen la corriente laminar, producen una resistencia muy pequeña y hay que considerarlos en el tratamiento para:

- Controlar el curso del movimiento y hay que ejercer una fuerza muscular pequeña (ver efecto del impulso como apoyo del movimiento).
- Conseguir la relajación de la musculatura. Se consigue una disminución del tono cuando el fisioterapeuta mueve al paciente varias veces y tranquilamente contra el agua.
- Conseguir la movilidad de las articulaciones.

Corriente turbulenta

La corriente laminar se convierte en turbulenta cuando el hombre se mueve rápidamente en el agua. Con el incremento de la velocidad de la corriente aumenta el roce, se producen torbellinos. El proceso mecánico mostrado en la Figura **2.158 a** aclara la formación de torbellinos, donde una bola que rueda con un rozamiento creciente pierde velocidad y rueda de nuevo de vuelta a la depresión. El mismo comportamiento muestran los líquidos al chocar contra un obstáculo (Figura **2.158 b**). El agua debe fluir hacia atrás por detrás del obstáculo, se desarrollan moléculas de

agua en rotación y se crean torbellinos. La corriente turbulenta creada detrás del obstáculo produce una aspiración que se dirige contra la dirección del movimiento.

Durante este proceso se pierde parte de la energía de la corriente. En comparación con una presión elevada de los cuerpos (presión dinámica), detrás de él se produce una depresión. La resistencia a la corriente se calcula por la diferencia de presiones entre la parte delantera y la trasera de un cuerpo.

Utilización de la corriente turbulenta

La corriente turbulenta creada como una aspiración puede ser producida por el terapeuta y se emplea, con el que realiza la acción en posición de descanso, para:

- Provocar reacciones de equilibrio para servirse de ellas.
- Mejorar la fuerza estática en el tronco y las piernas; el practicante trabaja contra la turbulencia.
- Mejorar la fuerza dinámica y la coordinación; el practicante se deja llevar por la turbulencia.

Realización de la turbulencia: El fisioterapeuta agita el agua, retirándola, cerca del cuerpo del practicante, moviendo sus manos de un modo rápido por debajo de la superficie del agua y cerca del cuerpo del que practica el ejercicio. Con este movimiento de las manos reduce la presión hidrostática y propicia en la parte delantera una presión que ejerce el efecto de una aspiración.

Según la fijación de cada objetivo, el agua acelerará los puntos corporales correspondientes: La posición de salida del practicante es la "posición sentada". El fisioterapeuta quita el agua de la espalda del paciente con una rotación a la altura de las vértebras dorsales. Gracias a la reducción de la presión el practicante se mueve hacia atrás. La Figura **2.159** muestra el comportamiento del movimiento en turbulencias laterales llevadas a

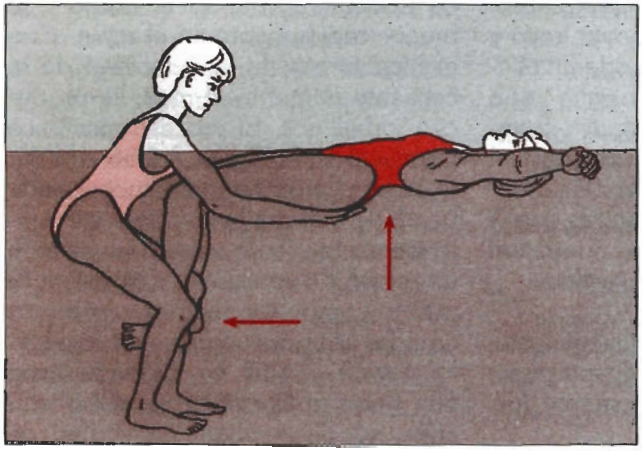


Figura 2.156: *Mejora de la movilidad de la articulación de la cadera por medio del empuje y la fijación del terapeuta; la pelvis se mueve con la colaboración del empuje.*

cabo a la altura de la cadera. El practicante asume la tarea de dejarse desplazar, aunque los pies deben mantener siempre el contacto con el suelo. Con ello se hace trabajar:

- la carga del peso sobre una pierna,
- la flexión lateral del tronco y
- las reacciones de equilibrio.

Ley de acción y reacción

El motivo mecánico para el cambio de lugar es la tercera ley de Newton, el principio de la igualdad de acción (*actio*) y reacción (*reactio*). Este principio es también válido para movimientos en el agua, en especial a la hora de nadar. En la posición de salida "sentado" se debe explicar el efecto de esta ley sobre las partes del cuerpo.

Ejemplo (Figura **2.160**): El paciente mueve lentamente ambas manos, colocadas lateralmente al cuerpo, desde la superficie del agua hacia arriba y hacia abajo = *actio*; de este modo se crea un movimiento hacia delante y hacia arriba = *reactio*. Si el practicante asume la tarea de permitir únicamente este movimiento en el tronco, el movimiento reactivo es una extensión en las vértebras dorsales y torácicas. Gracias a la dirección de los brazos desde atrás hacia delante se consigue una flexión activa de la columna vertebral.

Utilización de la tercera ley del movimiento: Las medidas que hay que tener en cuenta con respecto a esta ley tienen los siguientes fines:

1. Movilización de las articulaciones a través de cambios lentos pero constantes de la dirección del movimiento, que el paciente debe apoyar activamente.
2. Mejora de la fuerza dinámica a través de movimientos repetidos y la elevación del tempo del movimiento de los brazos.
3. Estabilización a través de movimientos de los brazos muy cortos y rápidos, el tronco debe quedar estabilizado. Se evita el movimiento de la reacción.

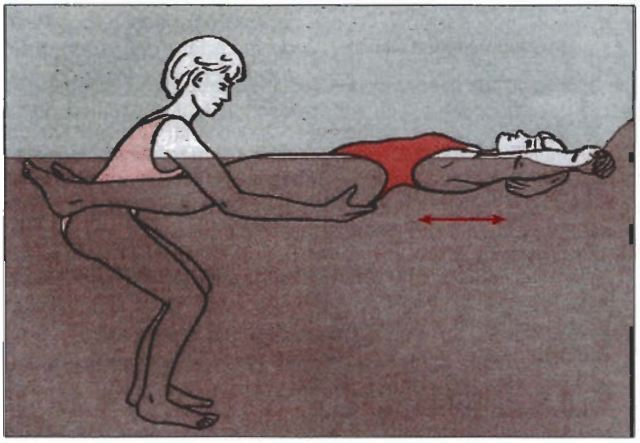


Figura 2.157: *El fisioterapeuta mueve al que practica el ejercicio contra el agua con la mayor "superficie frontal".*

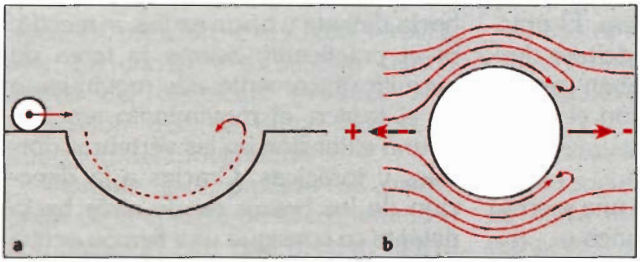


Figura 2.158 a y b: *Creación del torbellino;* ***a*** *En un proceso mecánico,* ***b*** *Al chocar contra un obstáculo.*

4. Todas las técnicas de natación que conocemos se basan en esta ley. Colocamos los brazos y las piernas para el avance de modos determinados. Nadar es una actividad adecuada en el agua. Así las funciones seleccionadas de trabajo se trasladan siempre a los movimientos en la natación. Hay que elegir la técnica correspondiente según el diagnóstico y los objetivos buscados. Los movimientos de natación uniformes y cíclicos sirven además pararla:

- movilización de las articulaciones y la columna vertebral,
- mejora de la fuerza dinámica,
- mejora de las capacidades generales de resistencia y, por ello, de la forma física.

La elección de la técnica de natación depende del diagnóstico en fisioterapiamédico y, si se diera el caso, se debe aprender de nuevo. La condición previa para ello es que se han de cumplir los criterios válidos para la liberación de energía aeróbia. El entrenamiento de resistencia se llevará a cabo con un entrenamiento interválico extensivo o con un método de duración y sólo puede tener lugar cuando se nada con las piernas.

Métodos: Con el entrenamiento

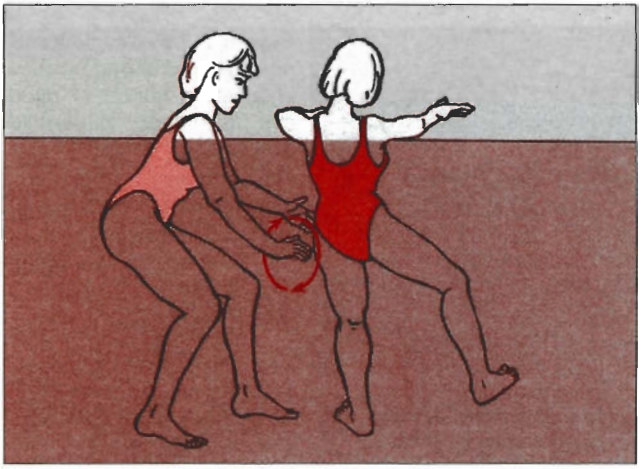


Figura 2.159: *Las turbulencias laterales a la altura de la cadera del practicante producen un traslado de peso.*

interválico extensivo mejora rápidamente la capacidad de resistencia. También se puede realizar en una piscina pequeña. Por método de duración se entiende que al menos se debe nadar continuadamente cinco minutos a una velocidad media. La mejora de las capacidades se consigue con relativa lentitud, pero se mantiene durante mucho tiempo.

Con ambos métodos se determinan las capacidades de esfuerzo individuales (pulso en reposo, edad, principiante, avanzado) sobre la frecuencia cardíaca (pulso de entrenamiento). En un "test de natación" (eventualmente tres velocidades diferentes durante un largo de piscina) se debe adecuar la velocidad de nado al pulso de entrenamiento individual.

Según el diagnostico, hay que variar la técnica de la natación o se debe aprender de nuevo, de modo que vaya unida a un entrenamiento interválico extensivo. El tiempo de nado se puede ampliar progresivamente y llegar a ser un método de resistencia.

El aprendizaje y uso de una técnica de nado han de estar siempre contenidos en un tratamiento en el agua. El paciente mantiene siempre la capacidad, tras abandonar la clínica, de ocuparse de modo responsable de la conservación y el mantenimiento de sus capacidades de rendimiento.

(individualmente, por parejas, en grupo)

Técnicas de tratamiento fisioterapéutico (individual)

Se prueban desarrollos de movimientos que el paciente aprende y practica en el tratamiento fisioterapéutico individual:

- Cuando el enfermo necesita ayuda manual, dosificación individual, correcciones y cuidados especiales, por ejemplo cuando su afección sólo permite un tratamiento individual.
- Cuando el enfermo debe preparar los movimientos de los grupos fisioterapéutico.

2.8. ASPECTOS ORGANIZATIVOS DEL TRATAMIENTO EN FISIOTERAPIA

Técnicas de tratamiento fisioterapéutico por parejas

(Ejercicios por parejas)

El movimiento denominado como ejercicios por parejas es aquel que se lleva a cabo con la misma actividad o alternando actividades entre dos personas.

- En las *actividades cambiantes (alternativas):* Uno de los componentes de la pareja es activo y el otro es pasivo, por ejemplo "Girar los músculos isquiocrurales en ejercicios de gimnasia para la escoliosis" (Figura **2.161 a** y **b**). Uno de los componentes de la pareja ejerce una presión con los dos pies sobre las piernas estiradas y elevadas de su compañero. Después se intercambian.
- En las *actividades iguales* ambos componentes de la pareja realizan movimientos iguales o distintos, por ejemplo andar por parejas, jugando con aparatos (pelotas,

varas, cuerdas etc.), o cuando uno de lleva a cabo el ejercicio y el otro le ayuda.

Los ejercicios por parejas motivan a los pacientes inactivos para que realicen mayores actividades, mejoran los resultados, aminoran las dolencias, asientan las relaciones personales pese a las dificultades de contacto y proporcionan y exaltan la alegría del movimiento o consiguen otros efectos psicofísicos.

La forma ideal de los ejercicios por parejas desde el punto de vista fisioterapeutico se consigue cuando el ritmo del movimiento* dicta que los movimientos sean cambiantes o iguales.

Después se hace innecesaria la actuación del fisioterapeuta tanto para las indicaciones del movimiento como para proporcionar ayudas rítmicas para el movimiento.

Técnicas de tratamiento fisioterapéutico en grupo

Los grupos fisioterapéuticos que reúnen a un conjunto de enfermos o de adultos sanos pero con las facultades disminuidas, así como niños o jóvenes enfermos o con trastornos del desarrollo para realizar un movimiento común, se pueden dividir en varios tipos:

1. Grupos de personas con las mismas o parecidas dolencias o debilidades, por ejemplo paresia, artrosis, poliartritis, síndrome de la columna vertebral, escoliosis, debilidades posturales, trastornos cerebrales, lesiones de las extremidades, angiopatías (unidas a enfermedades coronarias y otras), asmáticos, personas con bronquitis obstructiva crónica, diabéticos, mujeres embarazadas.
2. Grupos de enfermos psíquicos, es

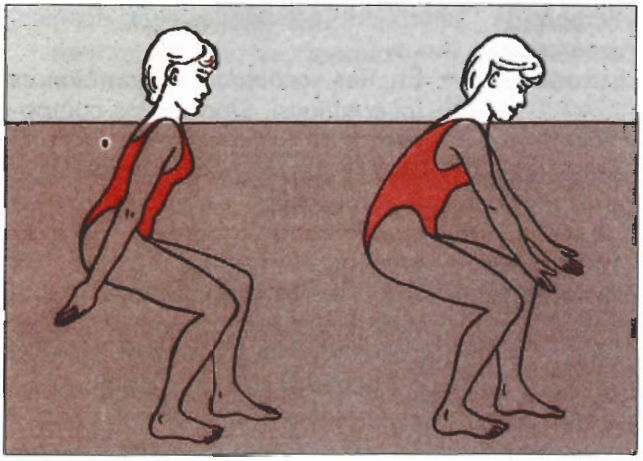


Figura 2.160: *Empleo de los brazos según la ley de acción y reacción.*

**"El ritmo de un movimiento se muestra en su curso temporal, en su organización por fases y en su desarrollo. El curso temporal se percibe como rapidez o lentitud; la organización por fases, como clara o difusa, y el desarrollo del movimiento, como uniforme, dinámico, etc." (Seybold, A: Pädagogische Prinzipen in der Leiberziehung, 7. Aufl. Hofmann, Schorndorf 1973).*

decir, pacientes en los que hay que conseguir resultados psíquicos como satisfacción por el movimiento, consecución de resultados y elevación de capacidades, por contactos en el grupo, para la estabilización de la agresividad, la disminución del aislamiento, el fortalecimiento de la personalidad y otros.

3. Grupos para las formas de movimiento determinadas, por ejemplo juegos con o sin aparatos, para esfuerzos continuados como andar, correr, montar en bicicleta (entrenamiento ergonómico en la bicicleta) y eventualmente bailes.
4. Grupos para la racionalización de la actividad fisioterapéutica con gran número de pacientes con afecciones iguales o parecidas (ver apartado 1).

Puesto que los niños, jóvenes y adultos, no acuden sí mismos a hacer movimientos en grupo (el fisioterapeuta recomendará, gimnasia de grupo y terapia de grupo), es importante para el principio del trabajo en grupo la motivación para hacer un entrenamiento conjunto. Una actitud positiva de los participantes con respecto al movimiento en grupo depende, entre otras cosas, del estilo de dirección por parte de los fisioterapeutas y de las relaciones interpersonales de los componentes del grupo. Esto hace que el fisioterapeuta deba adecuar su comportamiento al grupo, es decir, controlarlo en relación con sus reacciones. Debe tener capacidad de percepción para lo que ocurre en el grupo, poseer talento para la improvisación y ser flexible al de elegir las formas de movimiento.

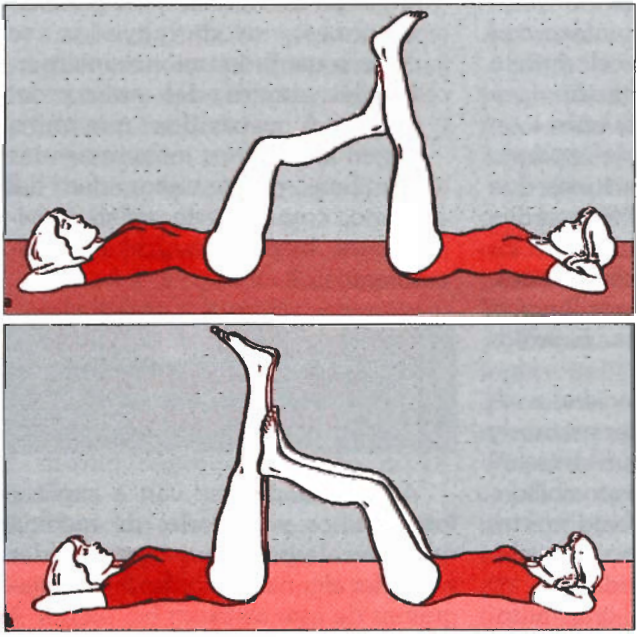


Figura 2.161 a y b: *Ejercicio por parejas para el estiramiento del músculo isquiocrural.*

Los términos de movimiento que se ofrezcan al grupo sólo se deben poner en práctica después de experimentados métodos de aprendizaje. Además es importante, a efectos terapéuticos y para la individualización del grupo, el número de componentes de cada grupo. En grupos de 8 a 10 participantes es posible una oferta de entrenamientos y ejercicios individuales con posibilidad de corrección de fallos. En grupos con niños pequeños el número se debe reducir lo más posible (de cuatro a seias).

La mayoría de los grupos fisioterapéuticos de movimientos se pueden denominar "grupos abiertos", es decir, con más o menos participantes que se van cambiando a lo largo del tiempo. Se dan también los llamados "grupos cerrados" que practican conjuntamente durante largos períodos (de meses a años), siendo siempre los mismos participantes, con enfermos crónicos y en el ámbito preventivo y de rehabilitación (por ejemplo con niños y jóvenes con debilidades y trastornos del aparato de apoyo, reumáticos, personas que han sufrido infartos de miocardio, etc.). Los efectos terapéuticos de los grupos fisioterapéuticos son válidos, en medidas especiales, para los grupos "cerrados" (referidos a varios ámbitos).

- El ámbito de las capacidades: A través de estimulaciones mutuas y con la práctica en común se crean, a menudo, grandes disponibilidades de capacidad y, bajo ciertas circunstancias, se da una elevación de las capacidades, así como, eventualmente, gran autonomía de los participantes, en ocasiones con más fantasía en el movimiento a través de la animación en el grupo o a través del grupo.
- El ámbito del comportamiento en relación con la postura que se adopta con respecto a la enfermedad: El paciente experimenta que no está solo frente a su problema, aprende a adaptarse más fácilmente a sus capacidades disminuidas, de modo que acepta su dolencia crónica, es decir, adopta una posición positiva frente a la convivencia con su enfermedad.
- El ámbito social: A través de la aceptación por parte de los demás de las características personales, así como de las diversas capacidades de cada uno de los participantes, se crea una atmósfera amistosa (se reducen las posibles tensiones), se dan ayudas, se crean a menudo uniones interpersonales dentro del marco del grupo. A veces los miembros tienen los mismos intereses en las reuniones de la comunidad del grupo, como puede ser el movimiento, la práctica y el entrenamiento.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LOS TÉRMINOS UTILIZADOS

A continuación se van a explicar los términos y unidades de medida que son importantes para poder entender algunos de los pasajes y diagramas de este texto.

2.9.1. Glosario

Aprendizaje del movimiento (cinesiología)

En deporte se defina como "el conjunto de expresiones científicas sobre el complejo problema del movimiento" (Röthig 1983) El aprendizaje del movimiento permite observar y trabajar sólo desde distintas situaciones científicas. Para la fisioterapia existen varias situaciones cuyo significado se puede encontrar en los capítulos independientes de la presente publicación:

1. Posición de la física, especialmente de la mecánica. Se diferencia entre:
   - Cinética, la enseñanza de fuerzas que ocasionan el movimiento (dinámica) y movimiento que lleva al descanso y al equilibrio (estática).
   - Cinemática, la enseñanza del desarrollo del movimiento que se efectúa en las tres dimensiones del espacio y en las diversas formas de tiempo, es decir, en velocidad y aceleración.
2. Posición de la motricidad sensorial, del movimiento que se entiende como un proceso integrado sensorial y motor. Este proceso está sujeto a leyes de actuación y regulación según el modelo del circuito regulador (cibernética).
3. Situación de la psicomotricidad que considera el efecto del movimiento según el contexto psicofísico.
4. Situación de la neurofisiología, que considera de forma especial el desarrollo motor del niño y el desarrollo del movimiento.
5. Situación de la biomecánica, que examina la influencia de fuerzas sobre la función del movimiento y los procesos de adaptación estructurada del organismo vivo según el concepto de esfuerzo – carga.
6. Situación del aprendizaje del movimiento (aprendizaje motor), que se adelanta a distintos modelos de teoría de aprendizaje y teoría científica (aprendizaje de la conducta, cibernética).

La enseñanza del movimiento fisioterapéutico (que todavía se debe definir con más precisión) ocupa, además, una situación (fenográfica) descriptiva (los movimientos en su transcurso espacio-temporal). Tiene que reconocer los conocimientos de las situaciones científicas anteriormente descritas y, en su uso terapéutico, debe tomar más en consideración unas situaciones que otras.

Axioma:

Definición filosófica: Proposición razonable no deducible cuya argumentación ni es susceptible de razonamiento ni necesita de éste.

Definición matemática: Afirmación que se deriva de otras afirmaciones, pero que no son demostrables en la misma teoría.

Behaviorismo

Palabra derivada del término inglés *behavior* (*comportamiento*), que nació para la orientación de la corriente psicológica creada por J.B. Watson. El behaviorismo persigue la creación de la psicología basada en un comportamiento de observación objetiva de un individuo bajo condiciones de entorno cambiables y bajo distintas situaciones y rechaza los

métodos de autoobservación y de transmisión de las propias experiencias a otros hombres. Este concepto, por regla general, no ha hecho prevalecer su contenido en la psicología.

El término behaviorismo fue fundamentalmente independiente de la disputa entre los psicólogos y sociólogos. Se puede traducir por "conductismo".

Carga

Definición física: Influencia de fuerzas externas. Produce la deformación de los cuerpos dependiendo de sus características materiales.

Definición de la medicina laboral: "Cualquier magnitud influyente que provoca un efecto en un órgano del cuerpo" (Valentin y cols. 1985).

Centro de gravedad

Punto de intersección de los tres planos principales de un cuerpo.

Los planos principales son superficies de división que dividen un cuerpo en partes de la misma magnitud (plano sagital, frontal y horizontal).

Enseñanza del movimiento

En deporte, la enseñanza del movimiento se define, por un lado, como "enseñanza para el movimiento", y, por otro lado, "enseñanza a través del movimiento" (Röthig 1983). Este término se entiende de un modo semejante en fisioterapia, en relación con el trabajo con el paciente. Sirve, ante todo, para la caracterización del aprendizaje del movimiento de alumnos de fisioterapia en la enseñanza del movimiento, el deporte y la gimnasia. Los contenidos de la enseñanza del movimiento en la formación de fisioterapeutas son:

- Desarrollo de un "sentimiento de movimiento y parada" diferenciados y de un buen espíritu de observación para ver las capacidades y habilidades de movimiento de los pacientes.
- Trabajo del desarrollo del movimiento (habilidades sensomotrices) con y sin aparatos siguiendo puntos de vista fisio-mecánicos, anatómico-funcionales, fisiológicos y psicológicos. Estímulo de la fantasía del movimiento.
- Conocimiento del aprendizaje motor, incluyendo la metodología y la didáctica del movimiento en grupo.

Esfuerzo

Consecuencias que, por efecto de una carga, se producen sobre un cuerpo, un material o un sistema de organismos.

Estados físicos

Palabra de origen latino: *aggregare* = agregar (se justifica la voz latina debido a que el término alemán equivalente al español "estado físico" es *Aggregatzustände*, que también se podría interpretar como "estado de agregación"); estado físico = Forma de estado de sustancias y cuerpos (sólido, líquido, gaseoso).

- Los estados físicos prestan a los cuerpos rasgos característicos propios.
- Cuerpos sólidos: Tienen forma propia y volumen constante.
- Cuerpos líquidos: Volumen constante pero forma no fija.
- Gases: Ni volumen ni forma determinados.

El tipo de estado físico depende de la movilidad de las moléculas. A tra-

vés de un enfriamiento o un calentamiento se produce una variación de la movilidad molecular. A que puede generar el paso de un estado a otro.

Estímulo

Para la definición, veáse la pág. 43.

Un estímulo produce en el receptor un cambio de estado o un estado de actividad elevada que se denomina *excitación*. Los estímulos a menudo originan cadenas de acontecimientos cuyo eslabón final se describe como *reacción*.

Estímulo adecuado: Forma de energía específica para un órgano sensorial especial. La excitación de un órgano sensorial especial provoca siempre sensaciones comparables.

Junto a la definición fisiológica, el término "estímulo" contiene también un aspecto emocional; hablamos de "excitado" y "excitante".

Función del movimiento

Requerimiento al practicante o al paciente para que, de modo automático, solucione los problemas motores existentes.

Identidad

La palabra se asimila a conceptos como unidad, igualdad total y armonía perfecta (identificar: la misma persona o cosa se reconoce como igual; idéntico; equivalente).

Filosóficamente el termino surge primero con Schelling: Es el intento de encontrar un fundamento objetivo conjunto de la filosofía trascendental y de la naturaleza, que él nombró como la "indiferencia de la naturaleza y el espíritu", es decir, en último termino, el origen de los contrarios de sujeto y objeto, de lo real y lo irreal, de la naturaleza y el espíritu. La vida es para Schelling "un equilibrio perturbado y vuelto a establecer entre el organismo y su entorno. El resultado de los estímulos de este último y de la reacción de los primeros da lugar a la autoconservación y la autorreproducción de los seres vivos" (von Aster 1956). Por lo tanto, se encuentra un interesante y anticipado postulado para el posterior desarrollo de la cibernética en una fase del idealismo alemán.

Inercia

Característica de cada materia; se opone a la modificación del movimiento.

Debido a que la masa se puede definir como conjunto de materia (cantidad de materia) se puede deducir que los cuerpos con una gran relación masa – volumen tienen también una gran inercia.

Ley de inercia de Newton (1687): Un cuerpo permanece invariablemente en su estado de reposo o de movimiento uniforme mientras no actúe sobre él ninguna fuerza.

Ley del equilibrio

En el equilibrio domina la estabilidad cuando la suma de los momentos de giro actuantes es nula.

Masa

Es una característica básica de la materia: Se diferencia en dos componentes: La masa *pesante* y la masa *inerte*. Siempre son una igual a la otra.

La masa pesante es el origen de la atracción por la que los cuerpos interactúan. La masa inerte (inercia) es una característica por la que los cuerpos oponen resistencia a cada modificación de la velocidad.

Según la teoría de la relatividad la masa de un cuerpo depende de su velocidad. Sin embargo, esto sólo es apreciable en velocidades muy grandes (comparables a la velocidad de la luz).

Modelo de movimiento

"El esquema de inervación adecuado, neurofisiologico y fijado a través del modelo de movimiento para la realización de una forma de movimiento (*pattern*/modelo)" (Röthig - 1983).

Momento de giro

Magnitud orientada, es decir, un vector. Producto de una fuerza eficaz y de la distancia vertical desde la línea de acción de la fuerza hasta el centro de giro.

Para entenderlo es necesaria la siguiente suposición: Un cuerpo rígido que gira alrededor de un eje sólo puede girar cuando la fuerza actúa en el exterior de su eje de giro y su línea de efecto (es decir, la dirección en la que surte efecto) discurre de un modo no paralelo al eje de giro. Para la posibilidad de un movimiento de giro es también importante, junto a la dirección de la fuerza, la distancia vertical desde el centro de giro. La unidad del momento de torsión es el Newtonmetro (Nm).

Un cuerpo giratorio se encuentra en equilibrio cuando la suma de todos los momentos de giro es nula.

Movimiento

Cambio de lugar de un cuerpo o de un punto material.

Parámetro

El término matemático designa una magnitud que puede ser cambiante o constante.

Potencia / potencial

Fuerza, eficacia, grado de elevación, fuerza de procreación; potencial es sinónimo de "existe la posibilidad". La energía potencial es la capacidad almacenada actual para realizar un trabajo antes de que éste sea visible o eficaz.

Punto central de volumen

(Centro de gravedad / Centro de gravedad del cuerpo)

El punto de un cuerpo rígido en el que éste se debe apoyar para hacer frente, por medio de movimientos rectilíneos o de giro, a las fuerzas que le soliciten. Se puede pensar que es el punto central del volumen al que está asociada la masa total de un cuerpo.

Rendimiento

Es la relación entre la energía aprovechada la potencia útil entregada (= trabajo mecánico) en un aparato o en una máquina. Lo ideal sería una actividad sin pérdidas, pero eso no existe. Siempre se pierde una parte de la energía, sobre todo a través del rozamiento o de otras pérdidas energéticas internas.

El rendimiento ideal se mediría con la cifra 1 o con 100%: En realidad el valor es siempre menor.

Ejemplo: El rendimiento de un acumulador es del 60–80 %; el de un motor de combustión interna, del 25–35 %, y al montar en bicicleta este rendimiento está aproximadamente en el 25% (el resto se pierde en forma de calor); en un trabajo de parada puro el rendimiento es igual a cero.

Puesto que el rendimiento físico definido es difícil de obtener, para la valuación de la capacidad *biológica* se mide el empleo de energía y el consu-

mo de O_2. Éste se eleva proporcionalmente al rendimiento producido.

Técnica de control y regulación

El control y la regulación son dos posibilidades principales para el desarrollo de una automatización.

Por control se entiende la intervención en un proceso técnico, a través del cual se logra un tipo de trabajo determinado de una máquina.

El equipo de regulación representa, en contraposición con el equipo de control, un ciclo *cerrado* de acción que se denomina circuito regulador. Para ello, la capacidad del estado existente se mantiene constantemente dentro de unos límites determinados (tolerancias)

Téngase en cuenta: En una situación de control, la medición de entrada (organización de la medición) produce independientemente una medición de salida. En ello, la organización de la medición debe tener una posibilidad de transmisión (elemento de ajuste) sobre el tamaño de salida. A la hora del control, la ocurrencia de resultados se produce siempre en una determinada dirección. En una situación de regulación se medirá constantemente con un aparato de medición del valor efectivo indicado en la capacidad de regulación y se comparará con el valor teórico.

La medición es esencial para el funcionamiento de estos sistemas. Si se quiere hacer que este proceso sea independiente del hombre, se debe disponer de sistemas de alarma de elevada precisión. Las señales son magnitudes físicas que contiene información. El registro y la *elaboración de estas señales* deben ser realizados por máquinas en las que no intervenga la colaboración humana.

Transcurso del movimiento

Modificación producida en la posición y el lugar, en el espacio y el tiempo, de un cuerpo o de sus partes (por ejemplo, las extremidades del cuerpo). En los hombres y en los animales el transcurso del movimiento se produce a través de la activación, simultánea o sucesiva, de las cadenas musculares.

2.9.2. Unidades de medida

La República Federal Alemana se unió, a través de la Ley sobre las Unidades de Medida de 1969, al sistema internacional de unidades físicas denominado *Système International d'Units (SI)*. El SI está formado por medidas y unidades básicas y otras unidades que se deriven de ellas. Con efecto a partir del 1.1.1978 las llamadas unidades SI se exigieron legalmente. Para un mejor entendimiento las unidades SI transformadas en el texto se colocaron junto con las unidades anteriores que formaban parte de las que se modificaron en medicina.

Unidades derivadas

Aceleración

La aceleración es la modificación de la velocidad en un espacio de tiempo. La unidad SI derivada de la aceleración es el metro por segundo cuadrado (símbolo de la unidad m/s^2). Un metro por segundo cuadrado es igual a la aceleración de un cuerpo que se mueve rectilineamente, cuya velocidad varía durante un s uniformemente a 1 m/s.

Frecuencia

Con la frecuencia se nombra la cantidad de veces que ocurren los procesos o acciones en una unidad de tiempo (por ejemplo pulsaciones o aspiraciones). La unidad SI derivada de la frecuencia en uno por segundo (1/s), también denominada hertzio (símbolo de la unidad Hz). A menudo también se utiliza una unidad de frecuencia uno por minuto (1/min).

Fuerza

La fuerza es el producto de la masa por la aceleración. La unidad SI derivada de la fuerza es el Newton (símbolo de la unidad N). Un Newton es igual a la fuerza que ejerce un cuerpo de un kilogramo de masa cuando adquiere una aceleración de 1 m/s^2.

La unidad de masa técnica utilizada anteriormente para la "fuerza de peso" era el pondio, así como también el kilopondio, es decir, la masa de un kilogramo pesa, en el campo de gravitación de la tierra, un kilopondio (Kp). La aceleración que un kg experimenta en el campo gravitatorio de la tierra es 9,81 m/s^2. Es decir, 1 kp convertido en Newtons son 9,8 N.

Presión, tensión mecánica

La presión es la fuerza ejercida sobre una superficie. La unidad SI derivada de la presión o la tensión mecánica es el Pascal (símbolo de la unidad Pa). Un Pascal es la presión uniforme resultante sobre una superficie, en la que en un m^2 se ejerce una presión de un N. Las unidades de presión "centímetro de columna de agua" (cmH_2O) y "milímetro de columna de mercurio" (mm Hg) o Torr se calculan en Pa como 1.000 Pa = 1 kilopascal (kPa) de la siguiente forma:

- 1 mm H_2O 9,8 Pa,
- 1 cm H_2O 98 Pa,
- 1 mm Hg = 1.333,3 Pa = 1,333 kPa,
- 1 bar = 1.000.000 Pa = 100 kPa.

Superficie

La unidad SI derivada de la superficie es el metro cuadrado (símbolo de la unidad m^2).

Tiempo (intervalo de tiempo)

Las unidades SI derivadas del tiempo son:

- El minuto (símbolo de la unidad min), como 60 veces el segundo, un min es igual a 60 s.

Unidades básicas del sistema SI

Magnitud básica	Unidad básica	Símbolo de la unidad
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Intensidad de la corriente	Amperio	A
Temperatura	Kelvin	K
Masa específica	Mol*	mol
Intensidad de la luz	Candela	cd

* *1 mol es el peso molecular en gramos de una materia.*

[2] *Para la presión sanguínea se continúa utilizando como unidad el mmHg*

- La hora (símbolo de la unidad h) como 60 veces el minuto; una h es igual a 3.600 s.

Trabajo / energía / potencia

Trabajo es la fuerza por el espacio. La unidad SI derivada para la fuerza es el Newton (N) y para el espacio el metro (m). La unidad derivada para el trabajo es el Nm (Newtonmetro) = Julio (J). un Julio es igual al trabajo realizado por una fuerza de un Newton cuando el punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza. Anteriormente se utilizaba como unidad el kilopondiómetro (kpm), con una equivalencia de 1 kpm = 9,81Julio.

Energía y cantidad de calor tiene la misma unidad que el trabajo, el Julio (J). En todas las conversiones de energía que se dan en el organismo humano y que van acompañadas de creación de calor, la calorimetría marca el registro del intercambio de energía y aprovecha para el intercambio la unidad de calor Esta unidad equivale a la cantidad de calor que es necesario utilizar para calentar un g de agua desde los 15 a los 16°, y se denomina gramocaloría o caloría (simbolo cal). 1.000 calorías constituyen una kilocaloria (kcal).

La equivalencia entre calorías y julios es:

1 caloría (cal) equivale a 4,185 julios(J). Por tanto 1 kilocaloría son 4.185 julios (J) = 4,185 kilojulios (kJ).

Potencia es trabajo por tiempo. La unidad SI para la potencia, tanto mecánica como calorífica o eléctrica es el vatio (símbolo W).

Un vatio es igual a la potencia que durante un segundo ejerce una energía de un J.

La anterior unidad era el kilopondiometro por segundo (kpm/s), que se puede entender como la potencia desarrollada por un peso de un kilopondio cuando se desplaza un metro por segundo.

Equivalencia entre kpm/s y vatios:

1 kpm/s = 9,81 J/s = 9,81 vatios, se suele considerar como 10 vatios. En la conversión debe tenerse en cuenta que la aceleración de la gravedad es 9,81 m/ s^2.

A excepción de las especificaciones físicas de la potencia en vatios, tienen lugar en la medicina laboral y deportiva unas especificaciones energéticas según los intercambios de energía (metabolismo y transacciones de trabajo) en julios o kilojulios por minuto (kJ/min) y antes en calorías y kilocalorías por minuto (kcal/min).

Velocidad

La velocidad es el camino recorrido en la unidad de tiempo. La unidad SI derivada de la velocidad es el metro por segundo (símbolo de la unidad m/s). Un metro por segundo es igual a la velocidad de un cuerpo que se mueve uniforme y rectilíneamente, y durante el tiempo del un segundo recorre la distancia de un metro. Velocidad angular = ángulo/tiempo.

Volumen (capacidad)

La unidad SI derivada es el metro cúbico (símbolo de la unidad m^3), para los líquidos y los gases es el litro (símbolo de la unidad l).

BIBLIOGRAFÍA

1. Fundamentos de la fisioterapia

Barham, J.N.: *Mechanische Kinesiologie*. Thieme, Stuttgart 1982

Baum, K.V.: *Das biologische Grundgesetz* (Arndt-Schulzsches Gesetz). Sportarzt 9 (1963) 209-212, 234-239, 257-260

Baum, K.V.: *Trainingspulsfrequenz 170 minu7s Lebensalter. Sportarzt*, Sportmed. 88 (1971) 1

Buytendijk, F.J.J.: *Allgemeine Theorie der menschlichen Bewegung und Haltung*. Springer, Berlin 1956

Caspers, H.: *Regelsysteme der Körper-haltung*. Orthop. Prax. 7 (1975) 468

Ehrenberg, H.: *Zur Körperwahrnehmung beim Entspannen*. Krankengymnasik 40 (1988) 639-641

Ehrenberg, H., A. Von Ungern-Sternberg: *Krankengymnastik bei peripheren Gefäßerkrankungen*. Pflaum, München 1987

Feldenkrais, M.: *Bewußtheit durch Be-wegung - Der aufrechte Gang*. Suhrkamp, Frankfurt 1978

Fischer, O.: *Beiträge zu einer Muskeldynamik, 1. und 2. Abhandlung*. Hirzel, Leipzig 1895 u. 1897

Gardiner, M.D.: *Grundlagen der Übungstherapie, 3*. Aufl. Thieme, Stuttgart 1979

Graf, O.: (Titel nicht vorhanden). Zbl. Arbeitswiss. 8 (1954) 141

Groves, R., D.N. Camaione: *Bewegungslehre in Krankengymnastik und Sport*. Fischer, Stuttgart 1977

Haeusermann, U.: *Bewegungsregelung - Boraussetzung und Ziel für krankengymnastiche Übungstechniken*. Orthop. Prax. 7 (1975) 531

Haeussermann, U.: *Funktion - ihre Stö-rung und Schulung*. Z. Orthop. 114 (1976) 678-683

Harff, J.: *Grundlagen der Krankengym-nastik*. In Lindemann, K., H. Teirich-Leube, W. Heipertz: *Lehrbuch der Krankengumnastik, 2*. Aufl. Bd. 1. Thieme, Stuttgart 1963

Harre, D.: Trainingslehre, Sportverlag, Berlin 1979

Heipertz, W.: *Sportmedizin. Einführung für Ärzte, Lehrer, Trainer, Studenten und Sportler, 7*. Aufl. Thieme, Stuttgart 1988

Hettinger, Th.: *Isometrische Muskeltraining, 7*. Aufl. Thieme, Stuttgart 1988

Hettinger, Th.: *Fit sein - fit bleiben*. 7. Aufl. Thieme, Stuttgart 1980

Hildebrandt, G.: *Physiologische Grund-lagen der krankengymnastischen Übungsbehandlung*. Z. Krankengymn. 22 (1970) 201-207

Hollmann, W.: *Körperliches Training zur Prävention und Rehabilitation degenerativer cardio-vasculärer Krankheiten*. Fortschr. Med. 90 (1972) 873-918

Hollmann, W., Th. Hettinger: *Sportmedizin - Arbeits - und*

Trainingsgrundlagen, 2. Aufl. Schattauer, Stuttgart 1980
Kainzinger, W.: *Telemetrische Untersu-chungen an Kurpatienten beim Trep-pensteigen, Gehen, Wassertreten und bei der Ergometrie im Kurlängschnitt. Diss.* München 1977
Keidel, W.D.: *Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie, 6.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1985
Klein–Vogelbach, S.: Funktionelle Be-wegungslehre. 3 Aufl. Springer, Berlin 1984
Krestownikow, A. W.: *Physiologie der Körperübungen.* VEB Volk und Gesundheit, Berlin 1953
Kummer, B.: *Kausale Histogenese der Gewebe des Bewegungsapparates und funktionelle Anpassung.* In Benninghoff, A., K. Goerttler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 13. Aufl., Bd. 1. Urban & Schwarzenberg, München 1980
Lehmann, G.: *Praktische Arbeitsphysiologie 2.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1962
Marsch, F., D. Marsch: *Physik für Krankenpflegeberufe, 4.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1992
Meinel, K., G. Schnabel: *Bewegungslehre.* VEB Volk und Gesundheit, Berlin 1977
Müller, H.R., R. Gräfe: *Grundriß der Physik für Mediziner und medizinische Berufe 3.* Aufl. Deutsch, Frankfurt 1978
Müller-Limmroth, W.: *Die physiologischen Faktoren der physischen Lei-stungsfähigkeit und ihre Bedeutung für die Krankengymnastik. Z.* Krankengymn. 30 (1968) 128-136
Müller-Limmroth, W.: *Bewegungsablauf - Benwegungskoordination. Die neurophysiologische Basis einer Bewegungstherapie.* Mat. Med. Nordm. 26 (1974) 289-305
Nöcker, J.: *Physiologie der Leibesübungen 3.* Aufl. Enke, Stuttgart 1976; 4. Aufl. 1980
Pronnet, Chr.: *Telemetrische Untersuchungen an Kurpatienten beim Gehen, Wassertreten, Treppensteigen im Vergleich zur Ergometrie.* Diss., München 1977
Ramm, B., N. Hahn: *Physikalische Grundlagen der Physiologie.* Thieme, Stuttgart 1974
Rost, R.: *Kreislaufreaktionen - Adaptation unter Körperlicher Belastung.* Osang, Bad Honnef 1979
Rost, R.: *Sport - und Bewegungstherapie bei Inneren Krankheiten.* Deutscher Ärzteverlag, Köln 1991
Röthig, P.: *Sportwissenschaftliches Lexikon, 5.* Aufl. Hofmann, Schorndorf 1983
Roux, W.: *Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen.* Engelmann, Leipzig 1895
Rumberger, E.: *Animalische Physiologie.* In: Medizin heute. Troponwerke, Köln 1982
Schader, B.: *Vergleichende Untersuchungen über Pulsfrequenzverhalten bei verschiedenen Bewegungsarten im Rahmen einer Kneippkur.* Diss.,

München 1977
Schilling, F.: *Über das Gestalt-Problem im Umfeld der Rheuma-Chirurgie und über Formen des Nicht-Gesundseinwollens*. Akt. Rheumatol. 2 (1977) 1 - 5
Schmolinsky, G.: *Leichtathletik, Sportverlag*. Berlin 1969
Sckell, O.: *Physik-Repetitorium für Mediziner, Pharmazeuten und Biologen, 30*. Aufl. Sckell, Marburg/L. 1972
Spitzer, H., Th. Hettinger: *Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit, 5*. Aufl. Beuth, Berlin 1969
Stegemann, J.: *Leistungsphysiologie, 4*. Aufl.Thieme, Stuttgart 1991
Stegemann, J.: *Leistungsphysiologie*. In: Keidel, W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. 5. Aufl. Thieme, Stuttgart 1979
Stoboy, H.: *Regelung der Bewegung*. Z. Orthop. 114 (1976) 683 - 685
Stoboy, H.: In: Uhl, P., et al.: *Isokinetisches Training in Sport und Rehabilitation*. Perimed, Erlangen 1988
Teichmann, W.: *Wirkfaktoren der Physiotherapie nach Kneipp, 3*. Sonderheft des Sebastian-Kneipp-Instituts, Bad Wörishofner Forschungsanstalt, Bad Wörishofen 1980
Ungerer, D.: *Leistungs und Belastungsfähigkeit im Kindes und Jugendalter, 4*. Aufl. Hofmann, Schorndorf 1977
Valentin, H., et al.: *Arbeitsmedizin, 3*. Aufl., 2. Bde. Thieme, Stuttgart 1985
Völker, K., (. Madsen, D. Lagerström: *Fit durch Schwimmen*. Perimed, Erlangen 1983
Weimann, G.: *Wirkkprinzipien und Aufgaben der physikalischen Medizin*. Therapiewoche 28 (1978) 9047
Weineck, J.: *Optimales Training, 2*. Aufl. Perimed, Erlangen 1983
Westphal, W.: *Sinnesphysiologische Grundlagen der Körperwahrnehmung*. Krankengymnastik 40 (1988) 641 - 643

2. Técnicas de la fisioterapia

Examen fisioterapéutico

Daniels, L., C. Worthingham: *Muskelfunktionsprüfung, 4*. Aufl. Fischer, Stuttgart 1982
Debrunner, H.U.: *AO-Gelenkmessung (Neutral-Null-Methode). Längenmessung, Umfangmessung*. Dokumentation der DGOT Tübingen. Bern 1971
Flemig, J.: *Neurologische Untersuchungen zur Früherkennung zerebraler Bewegungsstörungen bei sog.* Risikokindern. Mat. Med. Nordmark 22 (1970) 340
Gillert, O.: *Galvanischer Strom, faradischer Strom, Exponentialstrom in der therapeutischen Praxix, 9*. Aufl., Pflaum, München 1974
Janda, V.: *Muskelfunktionsdiagnostik*. Verlag für Medizin, Heidelberg 1979
Kohlrausch, W.: *Reflexzonenmassage in Muskulatur und Bindegewebe, 2*. Aufl. Hippokrates Stuttgart 1959
Teirich-Leube, H.: *Grundriß der Bindegewebsmassage, 10*. Aufl. Fischer, Stuttgart 1983

Posiciones de salida

Frick, H., H. Leonhardt, D. Starck: *Allgemeine Anatomie*. Spezielle Anatomie I, 4. Aufl. Thieme, Stuttgart 1992

Groves, R., D.N. *Camaione: Bewegungslehre in Krankengumnastik und Sport*. Fischer. Stuttgart 1977

Kummer, B.: *Beziehungen zwischen der mechanischen Funktion und dem Bau der Wirbelsäule bei quadrupeden Säugetieren*. Z. Tierzücht. 74 (1960) 159 - 167

Técnicas activas – Terminología

Feldkamp, M., I. Danielcik: *Krankengymnastische Behandlung der cerebralen Bewegungsstörungen im Kindesalter, 3*. Aufl. Pflaum, München 1982

Heipertz, W.: *Sportmedizin, 7*. Aufl. Thieme, Stuttgart 1985

Hollman, W., Th. Hettinger: *Sportmedizin - Arbeits - und Trainingsgrundlagen*. Schattauer, Stuttgart 1980

Mellerowicz, H., W. Meller: *Training, 3*. Aufl. Springer, Berlin 1978

Valentin, H., et al: *Arbeitsmedizin, 3*. Aufl. Thieme, Stuttgart 1985

Movimiento

Daniels, L., C. Worthingham: Muskelfunktionsuprüfung, 4. Aufl. Fischer, Stuttgart 1982

Debrunner, H. U.: *AO-Gelenkmessung (Neutral-Null-Methode)*. Längenmessung, Umfangmessung, Dokumentation der DGOT Tübingen. Bern 1971

Ehrenberg, H.: *Krankengymnastik des Herzkranken*. Krankengymnastik 19 (1967) 202 - 206

Ehrenberg, H.: *Krankengymnastische Maßnahmen zur Thromboseprophylaxe*. Krankengymnastik 30 (1978) 188 - 196

Ehrenberg, H., A. von Ungeru-Sternberg: *Krankengymnastik bei peripheren Gefäßerkrankungen*. Pflaume, München 1987

Frick, H., H. Leonhardt, D. Starck: *Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie, 4*. Aufl. Thieme, Stuttgart 1992

Groves, R., D. V. Camaione: *Bewegungslehre in Krankengymnastik und Sport*. Fischer, Stuttgart 1977

Harre, D.: *Trainingslehre, Sportverlag*. Berlin 1979

Hollmann, W.: *Der Arbeits- und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung*. Steinkopff, Darmstadt 1959.

Hollmann, W.: *Körperliches Training als Prävention von Herz- und Kreislauforganen*. Hippokrates, Stuttgart 1965

Hollmann, W., R. Rost, B. Dufaux, H. Liesen: *Prävention und Rehabilitation von Herz-Kreislaufkrankheiten durch körperliches Training, 2*. Aufl, Hippodrates, Stuttgart 1983

Inman, V. T.: *Human locomotion*. Canad. Med. Ass. J. 94 (1966)

Klein-Vogelbach, S.: Funktionelle Bewegungslehre, 3. Aufl. Springer, Berlin 1984

Klein-Vogelbach, S.: *Ballgymnastik zur funktionellen Bewegungslehre*.

Springer, Berlin 1980
Kucera, M.: *Gymnastik auf dem Hüpfball, 2.* Auflt. Fischer, Stuttgart 1978
Lehmann, G.: *Praktische Arbeitsphysiologie, 2.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1962
Schmolke, A.: Das *Bewegungstheater.* Möseler, Wolfenbüttel 1976
Spitzer, H., Th. Hettinger: *Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit, 5.* Aufl. Beuth, Berlin 1969

Fuerza muscular
Entrenamiento de la fuerza muscular

Frick, H., H. Leonhardt, D. Starck: *Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie I, 4.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1992
Hettinger, Th.: *Isometrisches Muskeltraining, 5.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1983
Hettinger, Th.: *Fit sein - fit bleiben, 7.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1980
Hollmann, W., Th. Hettinger: *Sportmedizin - Arbeits- und Trainingseinfluß.* Schattauer, Stuttgart 1980
Oldenkott, P.: *Ärztlicher Rat für Patienten mit Bandscheibenschäden, 4.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1985

Movimiento y parada

Gustavsen, R., R. Streeck: *Trainingstherapie im Rahmen der Manuellen Medizin, 3.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1993
Rolf, G., G. Kaeppel: *Das Schlingengerät in der Praxis der Krankengymnastik.* Kohlhammer, Stuttgart 1971

Efectos de las técnicas de tratamiento fisioterapéutico

Alexander, G.: *Eutonie, 3.* Aufl. Kösel, München 1978
Chertok, L., D. Langen: *Psychosomatik der Geburtshilfe.* Hippokrates, Stuttgart 1967
Kleinsorge, H.: *Selbstentspannung. Trainingsheft für das Autogene Training, 5.* Aufl. Fischer, Stuttgart 1978
Kulessa, Ch.: *Autogenes Training als psychotherapeutisches Verfahren in der ärztlichen Praxis.* Krankengymnastik 33 (1981) 776 - 781
Müller, W.: *Entspannungstechniken.* In: Brusis, O. A., H. Weber: Handbuch der Koronargruppenbetreuung. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Kardiologie. Perimed, Erlangen 1980
Röthig, P.: *Sportwissenschaftliches Lexikon, 3.* Aufl. Hofmann, Schorndorf 1976
Rumberber, E.: *Über den Muskeltonus. Krankengymnastik 22* (1970) 170 - 175
Schaarschuch, A.: *Entspannungs und Atemtherapie in der Krankengymnastik.* Krankengymnastik 3 (1951) 171 - 172
Schaarschuch, A: *Der atmende, 4.* Aufl. Turm-Verlag, Bietigheim 1979
Schultz, I.H.: *Das autogene Training. 19.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1991
Sennewald, H.: *Krankengymnastik-Pädagogik - Psychologie.*

Krankengymnastik 31 (1979) 50-55
Sennewald, H.: *Helfendes Verhalten in der krankengymnastischen Behandlung.* Krankengymnastik 31 (1979) 609 - 613
Spazier, D.: *Grundsätzliches zur Begegnungsstruktur Behandler - Patient Krankengymnastik 22.* (1970)233 - 235
Stokvis, B., E. Wiesenhütter: *Der Mensch in der Entspannung, 3.* Aufl. Hippokrates, Stuttgart 1971
Stolze, H.: *Kinästhetisches Bewußtmachen als Grundlage einer Entspannungstherapie.* In Langen, D.: Hypnose und autogenes Training in der psychosomatischen Medizin. Schriftenreihe zur Therapie und Praxis der medizinischen Psychologie. Bd. 17. Hippodrates, Stuttgart 1971
Vaitl, D.: *Entspannung, Psychologie heute.* August 1979

Técnicas fisioterapéuticas especiales

Adler, Beckers, Buck: *PNF in der Praxis.* Springer, Berlin 1993
Affolter, F.: *Wahrnehmung, Wirklichkeit und Srache.* Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen 1988
Alexander, G.: *Etonie.* Kösel, München 1976
Barral, J.P.D.O., J.P.D.O. Mathieu, P. Mercier: *Handbuch für die Oesteopathie.* Die Untersuchung der Wirbelsäule"
Bartmes-Kohlhaußen, B.: *PNF - ein Grundelement der Drankengymnastik.* Krankengymn. 31 (1979) 530 - 541
Beckers, D., M. Buck: *PNF in der Praxis. Eine Anleitung in Bildern.* Springer, Berlin 1988
Bobath, B.: *Heimpflege Erwachsener. Befundaufnahme. Beurteilung und Behandlung, 5.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1993
Bobath, B., D. Bobath: *Die motorische Entwicklung bei Zerbralparesen, 4.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1994
Bold, R.M., A. Grossmann: *Stemmführung nach R. Brunkow.* Enke, Stuttgart 1987
Brügger, A.: *Die Erkrandungen des Bewegungsapparates und seines Nervensystems.* Fischer-Verlag, Stuttgart 1986
Brügger, A.: *Gesunde Körperhaltung im Alltag.* Dr. Brügger Institut, Zürich
Bührle, M.: *Grundlagen des Maximalund Schnelkrafttrainings.* Schorndorf 1985
Cyriax J.: *Textbook of Orthopaedic Medicine,* 7 th ed., Vol I. Bailliere Tindall, London 1978
Davies, P.M.: *Hemiplegie: Anleitung zu einer umfassenden Behandlung von Patienten mit Hemiplegie.* Springer, Berlin 1986
Davies, P.M.: *Im Mittelpunkt.* Springer, Berlin 1991
Devi, I.: *Yoga für Sie.* Ariston, Genf 1991
Defontaine, J.: *Manuel de Reeducation, Psychomotorice.* Maloine, Paris 1976
Duden: *Schülerduden: Die Physik.* Meyers Lexikonverlag, Mannheim 1989
Ehlenz, Grosser, Zimmermann:

Krafttraining. BLV, München 1987
Evjenth, O.,J. Hamberg: *Muskeldehnung - warum und wie?, Teil I und II*. Remed. Zug/Schweiz 1980
Feldenkrais, M.: *Bewußtheit durch Bewegung*. Suhrkamp TB 1978, Insel-Verlag
Feldkamp, M., J. Danielcik: *Drandengymnastische Behandlung der cerebralen Bewegungsstörung, 3*. Aufl. Pflaum, München 1982
Frisch, H.: *Programmierte Untersuchung*. Springer, Berlin 1983
Froböse, I.: *Isokinetisches Training in Sport und Therapie*. Schriften der Deutschen Sporthochschule Köln, Bd. 28. Academia Verlag, St. Augustin 1993
Glaser, Volkmar: *Eutonie*. Haug, Heidelberg 1980
Gollner, E., F. Kreuzriegler: *Rehabilitatives Ausdauertraining*. Pflaum, München 1991
Graichen, J.: Zum Begriff *Teilleistungsstörungen*. In Lempp, R.: Teilleistungsstörungen im Kindesalter. Huber, Bern 1979
Gromus, B., U.Koch: *Einführung in die progressive Muskelrelaxation nach Jacobson. Z*. Krankengymn. 35 (1993) H.8
Grosser, M.: *Schnelligkeitstraining*. BLV, München 1991
Haase H., M. Schweizer. H. Ehrenberg: *Lösungstherapie in der Krankengymnastik*. Pflaum, München 1985
Hänsel, D.: *Die Physiologische Erziehung der Schwachsinnigen*. Ferdinand Schulz Verlag, Freiburg
Hedin-Andén, S.: PNF-*Grundverfahren und funktionelles Training*. Bankund Mattentraining, Gangschulung. Fischer Verlag, Stuttgart 1994
Janssen, P.: Ausdauertraining. Bd. 34. Perimed 1993
Jung, V.: *Funktionelle Zusammenhänge zwischen der Grifftechnik und der Schulterfunktion des Therapeuten*. Physiotherapeut (Sonderausgabe: Nationaler Kongreß) (1980) 66 - 68
Kaltenborn, F.: *Manuelle Therapie der Extremitätengelenke, 6*. Aufl. Norlis, Oslo 1982
Kapandji, A.: *The Physiology of the Joints*. Vol. I/II. Churchill Livingstone, Edinburgh 1982 / 1970
Kiphard, E.J.: *Psychomotorik in Theorie und Praxis*. Flöttmann 1994
Klein-Vogelbach, S.: *Funktionelle Bewegungslehre*. Springer, Berlin 1984
Klein-Vogelbach, S.: *Ballgymnastik zur fünktionellen Bewegungslehre*, 2. Aufl. Springer, Berlin 1985
Klein.Volgelbach, S.: *Therapeutische Übungen zur funktionellen Bewegungslehre*. Springer, Berlin 1986
Knobloch, P.: *Autogenes Training und Meditation*. Humboldt-Taschenbuchverlag. München 1985
Krahmann, H., G. Haag: *Die Progressive Relaxation in der Krankengymnastik*. Pflaum, München 1987
Krapf, G.: *Autogenes Training aus*

der Praxis. Pringer, Berlin 1991 und 1994
Lason, G.D.O., L.D.O. Peters: *Handbuch für die Osteopathie.* "Das Bekken". 1993
Levitt, K.: *Manuelle Medizin im Rahmen der medizinischen Rehabilitation, 3.* Aufl. Barth, Leipzig 1978
McKenzie, R.: *Die Selbstebhandlung für den Rücken.* Aufzeichnungen des Vefassers anläßlich einer Tagung 1985
Maitland, G.D.: *Vertebral Manipulation.* Butterworth, London 1968
Maitland, G.D.: *Peripheral Manipulation.* Butterworth, London 1970
Michaelis, U.: *Therapie im Schlingentisch* (unveröffentlicht) 1994
Piaget, J.: *Das Weltbild des Kindes.* dtv-Klett-Cotta, München 1988
Requena, Y.: *Qi gong.* Goldmann, München 1992
Richard, J., L. Rubio: *La therapie psychomotrice.* Masson, Paris 1994
Rock, C., S. Petak-Krüger: *Theraband-Grundübungen.* Dr. Brügger Institut, Zürich
Schaltenbrand, G.: *The development of human motility and motor disturbances.* Arch. Neurol. Psychiat. 20 (1928) 720
Schultz, J.H.: *Das Autogene Training - konzentrative Selbstentspannung, 19.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1991
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Rehabilitation: *Hemiplegie-Merkblatt, 5.* Aufl. Huber, Bern 1983
Schmidt, R.F.: *Grundriß der Neurophysiologie, 6.* Aufl. Springer, Berlin 1987
Sullivan, P.E., P.D. Markos, M.-A.D. Minor: *PNF - Ein Weg zum therapeutischen Üben.* Fischer, Stuttgart 1985
Triebel-Thomae, A.: *Feldenkrais.* Gräfe & Unzer, München 1989
Vojta, V.: *Die zerebralen Bewegungsstörungen im Säuglingsalter, 5.* Aufl. Enke. Stuttgart 1986
Voss, D.E., M.K. Ionta, B.J. Myers: *Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation. Bewegungsmuster und Techniken, 4.* Aufl. Fischer, Stuttgart 1988
Welsink, D.: *Muskelaufbautraining, Z.* Krankengymn. 2 (1992) H.1
Wenk, W.: *Der Schlingentisch in Praxis und Unterricht.* Pflaum, München 1989
Winkel, D., A. Vleeming, S. Fisher, O.-G. Meijer, C. Vroege: *Nichtoperative Orthopädie der Weichteile und des Bewegugsapparates, Teil I/II/III.* Fischer, Stuttgart 1985
Zebroff, K.: *Yoga für jeden.* Falken, Niedernhausen / Ts 1993
Zöller, J.: *Das Tao der Selbstheilung.* Ullstein, Berlin 1987

Técnicas de fisioterapia respiratoria

Amtmann, E: *Atemmechanismus.* In: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Bd:I, 13. Aufl. hersg. von Benninghoff-Goerttler. Urban & Schwarzenberg. München 1980
Arbeitsgemeinschaft Atemtherapie:

Terminologie der Attemtherapie in der Krankengymnastik. Drankengymnastik 27 (1975) 1- 4

Arbeitskreis Physiotherapie der Mukoviszidose: *Physiotherapie bei Mukoviszidose.* Mukoviszidose e. V., Bonn 1994

Bänsch, S.: *Prävention, Diagnostik und Therapie des chronischen Atemversagens.* Z. Krankengymn. 41 (1989) Nr. 12

Bansch, S.: *Atemtherapie bei neuromuskulären Erkrankungen.* Z. Drankengymn. 44 (1992) Nr. 6

Brüne, L.: *Reflektorische Atemtherapie, 3.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1994

Brünger, B., B. Stühmer: *Klinische Anwendung krankengymnastischer Atemtherapie in Verbindung mit dem variablen, künstlichen Totraumvergrößerer und mit Respiratoren.* In: Krankengymnastik aktuell (Referate der Fachtagung). Pflaum, München 1980

Campbell, E.I.M., E. Agostoni, J. Newson Davis: *The Respiratory Muscles (Machanic and Neurol Control).* 2nd ed. Lloyd-Luke, London 1970

Chevallier, J.: *Autogene Drainage. Arbeitskreis Physiotherapie, Deutsche Gesellschaft zur Bekämpfung der Mukoviszidose,* 1984 - 1988

Cegla, U.: *Was tun bei Atemwegserkrankungen.* Hippokrates, Stuttgart 1987

Cegla, U.H.: *Drainagelagerungen.* Luftpost 2 (1991)

Cegla, U.H.: *Atem-Techniken.* TRIAS, Stuttgart 1992

Cegla, U.H.: *Physiotherapie bei chronisch-obstruktiver Bronchitis, Erfahrungen mit dem VRP 1.* Desitin, Juni 1992 (zur Publikation eingereicht)

Comroe, J.H.: *Physiologie der Atmung.* Schattauer, Stuttgart 1968

Dab, S., F. Alexander: *The mechanism of Autogenic Drainage Studied with Flow Volume Curves.* Mon Paediat. Vol 10, pp. 50-53 (Karger, Basel 1979)

Edel, H., K, Knauth: *Atemtherapie,* 5. Aufl. Ullstein Mosby, Berlin 1993

Ehrenberg, H.: *Einführung in neuere Lern und Übungsmethoden für Bewegungen und ihre Anwendung in der krankengymnastischen Atemtherapie.* Krankengymnastik 27 (1975) 4-13

Ehrenberg, H.: *Zur Beurteilung der Atmung in verschiedenen Übungspositionen.* Krankengymnastik 28 (1976) 329-335

Ehrenberg, H.: *Phonationstechniken in der krankengymn.* Atemtherapie. Krankengymnastik 41 (10/1989)

Ehrenberg, H., G. Siemon: Zur *Beobachtung und Beurleilung der Atmung in der Krankengymnastik.* Krankengymnastik 31 (1979) 56-67

Emslander, H.-P., K.-W. Heinl: *Atemwege und Lunge.* Med. Mschr. Pharm. 12 (1989) H.11

Europäische Gesellschaft für Klinische Physiologie der Atmung: *Abkürzungen. Symvole. Einheiten. Definitionen*

Fehlig, B.: *Objektivierung der Wirksamkeit krankengymnastischer Atemtherapie auf die gestörte Atemmechanik des Kindes.* In: Drankengymnastik adtuell (Referate der Fachtagung). Pflaum, München 1980

Fleischer, W.: *Die Reiningungsmechanismen der Lunge.* Pneumologische Notizen 1/90, med. wiss. Periodikum der Fa. Boehringer, Ingelheim

Gehring, M.: *Perioperative Veränderungen der Lugenfunktion, apparative Atemhilfen einschließlich Beatmungstechniken. Z.* Krankengymn. 44 (1992) H.8

Giebel, O.: *Ventilation, Gasaustausch und Kreislauf unter künstlicher Totraumvergrößerung.* Springer, Berlin 1969

Giebel, O.: *Der variable dosierbare Totraumvergrößerer in der prae- und postoperativen Atemtherapie.* Krankengymnastik 41 (10/1989)

Haase, H., H. Ehrenberg, M. Schweizer: *Lösungstherapie in der Krankentymnastik.* Pflaum, München 1985

Heeckt, D., R. Kieselmann, H. Lindemann: *PEP-Maskenatmung. Arbeitskreis Physiotherapie.* Deutsche Gesellschaft zur Bekämpfung der Mukoviszidose 1987

Horch, R.: *Die Bedeutung der Atemtherapie in der Thoraxchirurgie-Indikation, Technik und Ergebnisse im Rahmen der Lungenresektionen.* Z. Krankengymn. 43 (1991) H.7

Keil, E.: *Klinische Anwwendung der krankengymnastischen Atemtherapia bei Atemwegserkrankungen im Kindesalter.* In: Krankengymnastik aktuell (Referate der Fachtagung). Pflaum, München 1980

Kirchner, P.: *Ambulante krankengymnastische Gruppentherapie für Patienten mit chronisch-obstruktiven Lungenerkrankungen. Z.* Krankengymn. 46 (1994) H.3

Köhler, D., W. Fleischer. *Was ist gesichert in der Inhalationstherapie?* Arcis, München 1988

Kretz, F.-J.: *Intensivmedizin für Krankenpflegeberufe, 3.* Aufl. Thieme, Stuttgart 1994

Kummer, B.: *Atemmechanik und Körperstellung.* Krankengymnastik 19 (1967) 2-4

Kummer, B.: *Über atemmechanische Bedigungen in verschiedenen Körperstellungen.* Krankengymnastik 20 (1968) 310-313

Lauber, J., B. Lauber: *Krankengymnastische Atemtherapie in Manuale pneumologicum.* Hrsg. D. Nolte. Dustri Verlag, Dr. Karl Feistle, München-Deisenhofen

Lindemann, H.: *Inhalationsbehandlung.* Gießen 1992

Mang, H.: *Atemtherapie mit apparativen Atemhilfen in der operativen Medizin.* Krankengymnastik 41 (10/1989)

Mang, H.: *Atemtherapie.* Schattauer, Stuttgart 1992

Mang, H., J. Weindler, Ch.L. Zapf: *Postoperative Atemtherapie mit Incentive Spirometry.* Anaehesist

38 (1989) 200-205
Murray, J.F.: *Die normale Lunge.* Schattauer, Stuttgart 1978
Netter, F.H.: *Farbatlanten der Medizin, Bd. 1-9.* Thieme, Stuttgart 1990-1995
Produktinformation der Fa. Desitin Arzneimittel: *VRP 1 Desitin, Physiotherapiegerät in der Pneumologie*
Schaarschuch, A.: *Der atmende Mensch, 4.* Aufl Turm-Verlag, Bietigheim 1979
Siemon, G.: *Objektivierung der Wirksamkeit krankengymnastischer Atemtherapie auf die gestörte Atemmechanik des Erwachsenen.* In: Krankengymnastik aktuell (Referate der Fachtagung). Pflaum, München 1980
Siemon, G., H. Ehrenberg: *Arzt und Krankengymnast in der Behandlung chronisch obstruktiver Lungenerkrankungen.* Z. Krankengymn. 37 (1985) H.11
Siemon, G., H. Ehrenberg: *Leichter atmen - besser bewegen, 2.* Aufl. Perimed, Erlangen 1988
Siemon, G., R. Thome, H. Ehrenberg: *Der Einfluß physikalischer Therapie auf den Bronchialwiderstand bei chronischen Atemwegserkrankungen, 6.* Int. Kongreß für physikalische Medizin, Barcelona 1972. Kongreßbericht, Bd.II, 1973 (S.26-31)
Sommerwerck, D.: *Objektivierung der Auswirkung krankengymnastischer Atemtherapie aur den Lungenkreislauf.* In: Krankengymnastik aktuell (Referate der Fachtagung). Pflaum, München 1980
Sulyma, M.G., R. Heister: *Asthma, Bronchitis, Emphysem von A-Z.* Bd. I-III. Medikon, München 1989
Ulmer, W.T., et al: *Husten.* Kohlhammer, Stuttgart 1987
Ulmer, W.T., E. Reif, W. Weller: *Die obstruktiven Atemwegserkrankungen.* Thieme, Stuttgart 1966
Ungerer, D.: *Zur Theorie des sensomotorischen Lernens, 2.* Aufl. Hofmann, Schorndorf 1973
Voshaar, Th., D. Köhler: *Physiologie und Pathophysiologie der bronchopulmonalen Reinigungsmechanismen-Medikamente und physikalische Behandlungsmöglichkeiten.* Internist. Prax. 32 (1992) 487-498
Weindler, H., Ch.L. Zapf: *Grundlagen der Atemtherapie mit Incenzive Spirometern.* Perimed, Erlangen 1989

Movimiento en el agua

Affolter, F.: *Wahrnehmung, Wirklichkeit und Sprache.* Neckar, Villingen-Schwenningen 1987
Bäumler, G., K. Schneider: *Sportmechamik.* BLV Verlagsgesellschaft, München 1981
Barham, J.: *Mechanische Kinesiologie.* Thieme, Stuttgart 1982
Councilman, J.E.: *Schwimmen - Technik, Trainingsmethoden, Trainingsorganisation.* Limpert, Frankfurt 1971
Davis, P.M.: *Hemiplegie.* Springer, Berlin 1986

Franke, H.: *Lexikon der Physik.* Franksche Verlagshandlung, Stuttgart 1969
Paeth, B.: *Schwimmtherapie „Halliwick-Methode" nach James McMillan bei erwachsenen Patienten mit neurologischen Erkrankungen.* Z. Krankengymn. 2 (1984)
Popescu, A.: *Schwimmen.* BLV Verlagsgesellschaft, München 1978
Stuart, H.A., G. Klages: *Kurzes Lehrbuch der Physik.* Springer, Berlin 1990
Völker, K., Madsen, D. Lagerström: *Fit durch Schwimmen.* Perimed, Erlangen 1983
Weber-Witt, H.: *Erlebnis Wasser.* Springer, Berlin 1994

Aclaración de términos

von Aster, E.: *Geschichte der Philosophie, 13.* Aufl. Kröner, Stuttgart 1956
dtv-Lexikon in 20 Bänden. Deutscher Taschenbuch-Verlag. München
Lippert, H.: *SI-Einheiten in der Medizin.* Urban & Schwarzenberg, München 1976
Röthig, P.: *Sportwissenschaftliches Lexikon, 3.* Aufl. Hofmann, Schondorf 1983
Valentin, H., u. Mitarb.: *Arbeitsmedizin, 2.* Bde., 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 1985.

ÍNDICE ALFABÉTICO

Abdomen, contracción inspiratoria del, 260, 275
Abdominales, 116
Abducción, 107
Abductores de la cadera, insuficiencia, 155
Absorción, 24
Acción de la articulación tibiotarsiana, 138
Acción muscular, 31
Aceleración, 17, 15s, 310
Aceleración de la corriente, 48
Aceleración de la corriente venosa, 182-189
Acidosis, 56
Ácido láctico, 56
Actio, 16
Actitud hacia el cuerpo, objetiva, 222
Actividad,
económica, 20
sinérgica, 31
Actividad de metabolismo, 125
Actividad inicial, 105
Acumulación de secreciones, 248
Adaptación, 42 ss
definición, 42
incapacidad, 42
vegetativa, 79
Aducción, 107
Aerodinámica, 25 ss
Agitaciones, 281
Agonista, 31, 107
Agotamiento, 260
Agua salina al 0,9 %, 276
Air trapping, 255
Alcalosis, 225, 230
Alcance del estímulo, 40
Alergia, 223
Alivio de respiración, 238, 246
Alternancia respiratoria, 226, 238
Ampliación de capilares, 47
Ampliación del espacio muerto, artificial, variable, de Giebel, 262
contraindicaciones, 264
elevación de la frecuencia respiratoria, 263
Amplitud de la presión sanguínea, grande, 78
Análisis de función según Brügger, 209 ss
Andador, 157, 159
Andar por escaleras, 122, 127, 156-170
Angustia, 191
Antagonismo, diafragma - pared torácica, 225, 234
Antagonista, 31, 107
Antialérgica, 276
Aparato IPPB, 268 s
Aparato locomotor, efecto fisioterapéutico, 183
debilidad, 116 ss
Aparato, móviles, 120 ss
Apnea, 225
Apnea del sueño, 238
Apoyando las rodillas a lo largo, 102
Apoyo antebraquial, 157, 160 ss
Apoyo estando sentado, 145
Apoyo, formas, 108
con aparatos, 108
manual, 108
Aprendizaje de movimiento, 59 s
Aprendizaje de la función, 90 ss
Aprendizaje del modo de andar, 153
Andador móvil, 159
con andadores recíprocos, 159
con apoyo antebraquial, 160 s
marcha de tres tiempos, 161
subir escaleras, 164 s
con medios de apoyo, 157
marcha de dos tiempos, 160
posibilidad de aumento, 167
subir escaleras, 156, 162, 164
Arcilla plástica, 131
Arrodillado, 103, 115, 120 s
a medias, 103

Arteria, 48
Articulación costovertebral, movilización, 320 siguiente
Articulación de dos ejes, 170, 172 s
Articulación de la base del dedo, 170, 172
Articulación de la cadera, 29
abducción, 177
aducción, 178
apoyo manual, 111
en la mesa de suspensión, 111
extensión, 111, 177
flexión, 111, 112, 116, 176
movilización en agua, 289
movimiento, aislado, contra resistencia, 134
pasivo, 170, 176
movimiento de abducción / aducción, 111
rotación externa, 111, 178
rotación interna, 111, 178
suspensión, 217
tren de rodamiento, 112
Articulación de la extremidad, distal, 29
proximal, 29
Articulación de la rodilla, 29
décubito, 169
esfuerzo de presión, 127
extensión, 108, 175
flexión, 108, 113, 174
movimiento y parada, contra resistencia manual, 149
aislado, contra resistencia, 131
apoyo, 108 s
y parada, 147
pasivo, 170, 174
rotación externa, 109
rotación interna, 108
suspensión, 249
Articulación del codo, 29
extensión, 110, 174
flexión, 110, 174
movimiento, aislado, contra resistencia, 133 s
apoyo, 110, 112
pasivo, 170, 174
pronación, 110, 176
supinación, 110, 176
Articulación del dedo, 114
Articulación del hombro, 29
abducción, 112, 180
aducción, 112
apoyo manual, 112
en la mesa de suspensión, 113 s
extensión, 112, 179
flexión, 112, 179
movimiento y parada, 147 ss
aislado, 135 s
pasivo, 170, 179
rotación externa, 112, 180
rotación interna, 112, 181
suspensión, 217
Articulación media del dedo, 170, 172
Articulación, de tres ejes, 170, 176 s
décubito en posición de extensión, 169
estabilidad, 29ss
examen, 96 s
movilidad, 29 ss
un eje, 170
Articulación tibiotarsiana, superior, movimiento pasivo, 170-173
Articulaciones finales de los dedos, movimiento, aislado, contra resistencia, 131 s
pasivo, 171, 173
Artrosis coxal, 347
Asma bronquial, 234
freno labial, dosificado, 257
terapia de inhalación, 277
Aspiración, 284
ASTE, 197
Ataque de tos, 260
Ataxia, 199
Atelectasia, 229
apertura, 268
clapping (golpeteo), 268
posición de drenaje, 246
respiración PEEP, 285
Atención, dirección hacia las funciones corporales, 193

Atetosis, 199
Atomizador de boquilla por aire comprimido, 276
Atrofia muscular, 53, 62
Aumento de adrenalina, 52
Aumento de la circulación sanguínea, 182
  caliente, 192
  reacción no deseada, 49
  trófica, 167
Aumento del riego sanguíneo, 189
Auscultación, 229
Axioma, 305
Ayuda, 194
Ayuda tusígena, 303
Bajada de presión, 182
Bajar escaleras, 65, 127, 156 s
  empleo del trabajo energético, 128
Balancín, 97
Balón de gimnasia, 120
Balón de goma, 130
Balón terapéutico, 101
Barras paralelas, 157
Bastones, 157, 159
Bataneamiento, 45
Behaviorismo, 306
Bi-level positive airway pressure, 287
BIPAP
  véase Bi-level positive airway pressure,
Bloqueo articular, primario, 207
Bostezar, 237
Botella burbujeante, 269
Bradicardia del entrenamiento, 59
Bradipnea, 229
Brazo de carga, 116
Brazo de palanca, 16
Brazo, series de movimientos, 124
  contra resistencia, 140 s
Brazos de fuerza, 116
Broncoespasmolítico, 276
Bronquiectasia, 277
Bronquitis crónica obstructiva, 234
  posición de drenaje, 246
  terapia de inhalación, 277
Caída hacia atrás, 148
Caja torácica, véase Tórax,
Calentamiento excesivo , 93
Callo, 49
Calor, 13, 18
Caloría, 366
Calorimetría, indirecta, 38
Cambio de posición, 247 ss, 281
Caminar, 108, 127
  con apoyo antebraquial, 166
  empleo de energía, 38
  empleo metabólico, 84
  en un ritmo estable, 129
  lento, 127
  movimiento de brazo, 156
  movimiento de pelvis, 155
  movimiento de pierna, 154
  movimiento del tronco, 156
Cansancio, 43, 56 s
  central, 58
  síntomas, 57
Cansancio muscular, véase cansancio,
Capacidad,
  aeróbia, 69
  anaeróbia, 69
  aprendizaje, 191
  de concentración, disminuida, 58
  de movimiento, 54
  de percepción, 222
  disminuida, 58
  de regeneración, 212
  de rendimiento,
  cardiopulmonar, 54
  cardiovascular, 54
  corporal, punto de vista médico laboral, 54 s
    clasificación, 50 ss
    desde el punto de vista de la medicina del deporte, 54
    desde el punto de vista médico pedagógico, 54
    diferenciación, 50 ss
  creciente, 193

máxima, 70
mejora psicofísica, 210
motriz, 53 s
periodicidad diaria, 50 s
de tensión muscular, 96
residual funcional, 229
vital, 233
Capacidades cardiovasculares,
apreciación, 81
máxima, 71
Capilarización, 47, 74
Carga,. 150
Carraspeo, 261
Centro de gravedad, 29, 30, 363
Centro de gravedad corporal, 98, 362
localización, 98
posición erecta, 104
Centro de respiración, 263
Cianosis, 233
Cibernética, 88
Ciclo de paso, 155
Cicloergómetro, 81
frenado electrónicamente,83
frenado mecánicamente, 81, 83
Cierre del puño, 75
Cinemática, 305
Cinesiología, 305
Cinestesia, 184
Cinética, 305
Circuito de regulación retroactivo, 88
Circuito de respiración, 232
Circunducción, 108
Clapping (golpeteo), 270 s, 281
Coach, 264
Colapso, 64
Colapso bronquial, 255, 260
Colapso traqueobronquial, 255, 260
Colchonetas de gimnasia, 120
Columna vertebral,
de McKenzie, 208
flexión, 299
limitación del movimiento, 208
movilización de elevación libre, 206
tracción, 181
Columpio balancín, 101
Combustión de la grasa, 37
Comer,
transferencia metabólica, 84
Comienzo del músculo, 31
Comportamiento del paciente, 96
Comportamiento terapeuta-paciente, 194
Compresión capilar, 74 s
Compresión del tórax, 272
Compresiones, 141
consecuencias, 64
evitación, 274
Comunicación, 88
Concentración, 190
Concentración de oxígeno, inspiratoria, 274
Concentración del estímulo, 40, 72
Concepto Bobath para adultos, 199
para niños, 200
Concepto Maitland, 209
Conciencia, 92
Condición, 54
Conjunto de los músculos extensores, 115
Constitución, 41
Continous positive airway pressure, 286 s
Contracción del diafragma, 237
Contracción muscular, 31 s
anormal, 200
auxotónica, 34, 107
dinámica, 46, 107
riego sanguíneo vascular, 49
ampliación de capilares, 47
estático, 46, 107
ampliación de capilares, 47
cansancio, 56
desventajas, 63
resultados de la presión sanguínea, 78 s
estímulo, sensorial, 45
fásica, 107
isométrica, 34, 46
isotónica, 34, 107,
tónica, 107
Contractura de la articulación, 53

Contractura flexional de la cadera, 169
Control de fallo muscular, 207
Control de la cabeza, 200
Control del tronco, 200
Coordinación, 38
  aprendizaje, 90
  entrenamiento, 210
  fina, 60
  intermuscular, 61
  intramuscular, 61
  mejora, 45, 59 s, 183 s
  movimiento en el agua, 345, 349
  óptima, 54
  tosca, 61 s
  trastornada, 58
Corazón deportivo, 79
Correr a un ritmo estable, 129
  con intervalos, 128
  transferencia metabólica, 84
Corriente, laminar, 25, 297
  turbulenta, 297 ss
Corriente venosa, impedimento, 63
Costillas, contracciones inspiratorias, 225, 235
Cristales de ácido láctico, 74, 78
Cuadripedia, 102 s
Cualidad del estímulo, 39, 41
Cuerda, 120
Curva I-T, 96
Debilidad del diafragma, 226, 236
Decúbito, 98 ss
  lateral, 99 ss
  supino, 99, 115 s
    activación de los músculos respiratorios, 282
    posición del brazo, 101
Dedo,
  abducción, 172
  aducción, 172
  extensión dorsal, 170 s, 172
  flexión palmar, 170 s, 172
Dedos de los pies,
Extensión dorsal de los, 170
  flexión plantar, 170
Defecto de la respiración, 233
Déficit de líquidos, 39
Deformación, 15
Deporte, 42
  transferencia metabólica, 84
Deportista de competición,
  frecuencia cardíaca, 79
  vagotonía, 79
Desarrollo pulmonar, 266
Descarga de la articulación, 183
  movimiento en el agua, 295
Descenso del tono simpático, 189
Descongestión, 75, 182, 189
Descongestión alveolar, 279
  mucociliar, 278
  trastorno, 288
Descongestión por tos, 287
Desequilibrio muscular, 205
Desplazamiento del peso, 200
Destreza, 54, 90
Destrezas sensomotrices, 115
Desviación del eje, 96
Diafragma,
Diagnóstico, 98
  de la piel, 96, 240
  del tejido conjuntivo, 240
  general, 240
Difusión, 229
Dinámica, 305
Dinamometría, 81
Dióxido de carbono, 24
Dirección del movimiento, 36 s
Disco intervertebral, movilización de McKenzie, 208
Discrinia, 230
Disminución de la irrigación, 63
  cerebral, 64
Disminución venosa central, 189
Disnea, 229, 234
Disponibilidad de rendimiento, 50
  fisiológico, 53
Disregulación, 49, 53, 150

distrés, 44
movimiento, libre, rápido, 126
Distensión, 145, 193
Distribución, 229
Doblar hacia delante, 148
Dolencia,
cronicidad, 93
fase de adaptación, 94
fase de integración, 94
fase de Shock, 94
Dolor, 44, 91
al respirar, 239
formas de respiración expresa, 234
Dolores,
de cabeza, 189
de espalda, 240
de las articulaciones de las rodillas, 66
Dominio del cuerpo, 54
Drenaje autógeno, 256 s, 268, 281
combinación, de respiración PEP, 267 s
eliminaciones de secreciones, 281
Drenaje linfático, 189
Duración del estímulo, 40, 70
Economía, 90
Edema,
descongestión, 75, 169, 182, 190
muscular, 107
Edematización, 22
Efecto de adaptación,
de rendimiento creciente, 74, 189 s
hemodinámico, 74, 79, 189
reactivo, 75, 189
Efecto de drenaje, inespecífico, 288
Efecto del entrenamiento, 59
Eje, 29 ss
Ejercicio, 58 ss, 90
ahorro de oxígeno, 61
aumento de las prestaciones, 60 ss
de dedos, 115
de flexión, 115 s
de la función, 90
de la pierna, 115
de mano, 115
de resistencia, 130
con déficit de ácidos, 122 s
de tensión, isométrico, 141
definición, médico-deportiva, 59
pedagógico-deportiva, 59
Ejercicios por parejas, 353 s
Elaboración de información, 90 s
Elasticidad, 66 ss, 96, 211
Electromiografía, 81
Elevación, 217
de la profundidad de la respiración, 306
de la ventilación, 233, 245
del tono simpático, 64, 189 s
movimiento, rápido, 126
Elevación de las piernas estiradas en posición de decúbito supino, 116
adecuada, 149
Eliminación de secreciones, 277 ss, 281
cambio de posición, 247
clapping (golpeteo), 270
decúbito, 169
descongestión alveolar, 279
mucociliar, 277 ss
drenaje autógeno, 281
espiración con ruidos, 253
examen fisioterapéutico, 233 ss
movilización del tórax, 273
posición de extensión, 281
preparación, 272
seguir respirando en trabajo de parada, 274 s
terminología, 186
tos, 257-262, 278
vibraciones, 271
VRP 1, 266
Empleo de oxígeno, consumo, 60
Empuje, 22 s, 292 s
en almohadillas de gomaespuma, 138
resultado, 295
uso, 295
Encogimiento de cicatrices, 49
Energía, 19 ss
calorífica, 20, 25

cinética, 20
de ondas, 13
definición, 20
eléctrica, 20
mecánica, 13, 20
potencial, 20
química, 20
unidades de medida, 364
Enfermedad de la columna vertebral, 224
Enfermedades de las vías respiratorias obstruidas, movilización del tórax, 274
Enfermedades pulmonares, obstructivas, 224
Enfermo cardíaco, 129
Enfisema pulmonar, 225, 234
insuficiencia ventilatoria, 231
Enseñanza de movimiento, Klein-Vogelbach funcional, 205 s
indicación, 206
Enseñanza de respiración, 219
Enseñanza del movimiento, 306
Entrenador de respiración, 264 s
vía respiratoria, 238
Entrenamiento, 39, 60 ss, 92
aumento de las prestaciones, 62
autógeno, 219
de circuito, 77
cicloergómetro, 83
entrenamiento interválico, extensivo, 80
escoliosis, 106 s
método de resistencia, 80
de fuerza, 211
alcance del estímulo, 62
desventaja, 63
dinámico, 64 s
concéntrico, 76
excéntrico, 65 s
duración del estímulo, 62
estático, 62 s, 141
intensidad el estímulo, 62 s
movimiento contra resistencia, 130
ventaja, 63
de mantenimiento, 71
de percepción, 251
táctil y cinestésico, 206
de repetición, 73
de resistencia, 69 ss, 212
adaptación, 74, 79
cuadro del ácido láctico, 78
efecto del entrenamiento, 74
efectos en la circulación, 77 s
frecuencia cardíaca, 77 ss
general, 77 ss
intensidad del estímulo, 70
local, 74 ss
marcha, 72
método de interválico, 72 s
método de repetición, 71
método de resistencia, 71
método de variación, 79
volumen minuto respiratorio, 78
de respiración, 77
de los músculos abdominales, 120
definición,
médico-deportiva, 58
pedagógico-deportiva, 59
del circuito, 67
del rendimiento, 80
deportivo, 54
elasticidad, 67 s
ergométrico, 82 ss,140
esfuerzo, variable, 213
interválico, 586, 65, 72
extensivo, 72 s
intensivo, 73
isocinética, 66 ss
médico de restitución, 210 ss
principio, 213
muscular de inspiración, 30, 101
neurofisiológico, 211
periodificación, 211
principio del aumento progresivo del esfuerzo, 213
conforme a la edad y la individualidad, 213
resultado cambiante regulado, 246

proceso anabólico de síntesis, 43
proceso de catabolización, 43
rehabilitativo, 48
relación esfuerzo-recuperación, 211
Entumecimiento,
frénico, 234
recurrente, 260
Equilibrio, 21, 97
consecuencia, 106
lábil, 99
Ergometría de bicicleta, 82 s, 140
Escalones de rendimiento de Graf, 51 s
Esclerosis lateral amiotrófica, 231
Esclerosis múltiple, 277
Escoliosis,
entrenamiento de circuito, 139 s
forma de respiración, 235
insuficiencia ventilatoria, 231
movilización del tórax, 274
movimiento en el agua, 294
técnica de Brunkow, 204
Esfuerzo, 306
de la articulación, 183
de presión, 127
dinámico, local, anaeróbio, 125
efectos de la circulación, 77 s
zen el corazón, economía, 48, 189
intermitente, 72, 75
Espacio intercostal, 273
contracciones, 225, 236
Espacio muerto, 231, 262
Espalderas, 120
Espasticidad, 201
Espiración, 226 s, 228, 282
con ruidos, 253
con sonidos, 253
contra resistencia, 269
en susurros, 254
forzada, 227, 228
larga, 253
músculos de espiración-activación, 254
músculos inspiratorios, entrenamiento, 254
tonificada, 254
Esputo, 238
Esqueleto del tórax, modificación, 235
Estabilización,
de articulación, 31, 183
de la circulación, 189
de la pelvis, 120
Estados físicos, 306
ESTE, 197
Estereotipo,
de cifosis, 240
de lordosis, 240
Estertores sibilantes, 226
Estímulo,
de mantenimiento, 42, 44
de respiración, 77
Estímulos exteroceptivo, 197, 204
Estabilidad, 29 ss
Estabilización, 213
del tronco, 299
Estado del entrenamiento, 59
Estática, 307
Esteroides, terapia de inhalación, 276
Estertores de secreción, 257
Estímulo, 39 ss, 307
adecuado, 307
débil, 44
de entrenamiento, 44 s
del vago, 64
definición, 13
específico, 44 ss
sistema de órganos, 45 ss
tejido de sostén, 44 s
excesivo, 43
exteroceptivo, 50
fuerte, 44
por movimiento, 40
propioceptivo, 50
verbal, 197
Estiramiento, 196
Estrés, 44
Estructura no contráctil, 239
Eupnea, 229

Eutonía, 219
Eversión, 107
Examen de fuerza muscular, 96
Examen fisioterapéutico, 95
Exceso de estímulos, 49
Excursión del diafragma, 244
Exigencia excesiva, 91
Experiencia de éxitos, motrices, 191
Experiencia del movimiento, 191, 234
  en obstrucción, 234
  en restricción, 234
Extensión, 29, 107, 115 ss. Véase Tracción
  activa, 68
  pasiva, 68
Extensor de la articulación de la rodilla, 115
Extensores de la articulación de la cadera, 115
Extremidad, serie de movimientos, 124
Exudados pleurales, reabsorción dorsal, 248 s
Fagocitosis, 278
Falta de movimiento, consecuencias, 53
Falta de oxígeno, 201
Falta de regulación de la circulación, 49, 53, 125, 150
Falta de respiración, 269, 272, 274
Fantasía, 121
Fase de apoyo, 153
Fase de impulso, 153
Fase de la marcha, 153 ss
Fast-twitch-fibres, 55, 227
Feldenkrais, 220
Fibra, FT (Fast twitch), 55, 227
Fibras musculares, cortas, 35
  de contracción lenta, 55
  de contracción rápida, 55
  fásica, 55
  largas, 35
  tónica, 55
Fibras ST, 55, 227
Fibrillas de los tendones, 35
Fibrillas musculares, 35
Fibrosis pulmonar, 231, 234
Fibrosis quística, ver Mucoviscidosis
Fijar la mano, 136
Fin del músculo, 32
Fisioterapia, definición, 13
  aspectos organizativos, 301 ss
  ejercicio por parejas, 301 ss
  en grupo, 302 ss
  fundamentos, 13 ss
  individual, 301 ss
  técnica, 98 ss, 95 ss
    activa, 106 ss
    especial, 225 ss
    por motivos neurofisiológicos, 50
Fisioterapia en el agua, 335 ss
  efecto, 84
    corporal, 182 ss
    en el aparato locomotor, 183
    en el sistema cardiovascular, 189 s
    en el sistema neuromuscular, 183, 186
    físico, 192
    psíquico, 190
    sobre el metabolismo muscular, 188
    sobre la piel, 182
    tejido subcutáneo, 182
  objetivo, 84
Flauta travesera, 286
Flexibilidad, 54
Flexión, 29, 107, 115
de la rodilla, 125
Flexor de los dedos de los pies, 115
Flexor plantar, 148
Flexores, 115
de la pierna, 104
Flutter, 309
FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva), 108, 195 ss
  acumulación, espacial, 198
    temporal, 198
  capacidad de acción muscular, 198
  estímulo, exteroceptivo, 197
    propioceptivo, 196
    teleceptivo, 197
  fundamentos, 195 s
  históricamente, 195

indicación, 199
irradiación, 198
modelo de movimiento, 197
objetivo, 195
overflow, 198
principios básicos, 196 s
resistencia, óptima, 197 s
Forma de resistencia, 72
continuada, 129 s
movimiento contra resistencia, 140
frecuencia cardíaca, 72
intermitente, 122 ss, 137 ss
Forma de respiración, 284
Forma del tórax, 240
Forma respiratoria, 226
cambio, 246
encuesta para diagnóstico, 239 ss
significado, 233
Formas de respiración expresa, 234
Formularios de diagnóstico, 97
Fortalecedor, 130 s, 133
elevación de la presión sanguínea, 76
Fortalecedores de los dedos, 132
Fractura por marcha intensa, 43
Fractura, tratamiento en el agua en reposo, 295
Fragilidad parcial del rendimiento, 224
Frecuencia, 363
Frecuencia cardíaca, 48
disminución, 190, 192
entrenamiento de duración, 78
movimiento en el agua, 292
elevación, 77 s, 190
límites del rendimiento de resistencia, 57
método de duración, 79
umbral del estímulo, crítico, 48
Frecuencia cardíaca de entrenamiento, 48
Frecuencia cardíaca en reposo, disminuida, 192
Frecuencia respiratoria, 226, 239, 284
elevada, 233, 264
reducción, 193
Freno labial, 253
dosificado, 253
Fuerza, 15 ss, 54
definición, 15
forma, 15
resultado dinámico, 15
estático, 15
Fuerza de gravedad, 15, 98
Fuerza de movimiento, 64
Fuerza de respiración expresa, 234 s
Fuerza de la situación, 141
mejora, 186
Fuerza del estímulo, 42
Fuerza máxima, 59
definición, 141
Fuerza muscular, 15, 35
dinámica, 54, 64
dinámico-concéntrica, 65
dinámico-excéntrica, 65
entrenamiento, 62 ss
estática (véase también fuerza de la situación), 54
estímulo, específico, 46
formas, 211
mejora, 183, 186
nadar, 299
tratamiento en el agua en movimiento, 296
Fuerza rápida, 65
Función, 84 ss
como término cibernético, 88
definición, 84
e identidad, 92 ss
Función de la articulación, restablecimiento, 214
Función del movimiento, 307
Gas, 21, 23 ss
ideal, 23
presión parcial, 23
real, 23
solubilidad, 24
Gimnasia de pie, 115
Gimnasia de resistencia, 128
Girar, 29, 115

Glotis, 265
Glucógeno, 37
Gomas elásticas, 130
  gimnasia, empleo de energía, 38, 84
  sentado sobre un taburete, 127
Grasa, 36
Grupos ambulatorios de terapia respiratoria, 224
Habilidad, 54, 90
Hablar, 237, 239
Halteras, 130
Hematíes , 27
  Eritrocitos, 27
Hemiparesia, 294
Hemorragias cerebrales, 201
Hidratos de carbono, 36 s
Hidrodinámica, 27 ss, 335, 347
Hidrostática, 288
Hidroterapia, véase también Movimiento en el agua, 41
Hielo, 197
  tiempo corto, 197
  tiempo largo, 197
Hipercapnia, 230, 263
Hipercrinia, 230, 271
Hiperemia, 47
  de trabajo, 189
  reactiva, 47, 189
Hipertónico,
Hipertrofia muscular, 46
Hiperventilación, 230
  impedimento, 251
Hipotonia, 201
  hipoventilación, alveolar, 230
  hipoxemia, 230
Hipoxia, 230, 263
Homeostasia, 55
Identidad, 92
Impulso de movimiento, 35
Impulsos de presión-empuje, 204
IMV, véase Intermittent mandatory ventilation.
Inactividad, 183
Inclinación de la pelvis, 120
Incontinencia urinaria, 262
Incorporación a posición de sentado, 115, 194
Incorporación desde la colchoneta, 151
  con muletas, 150, 154
  controlado, 150
  desde la posición de sentado sobre los talones, 115 s
  desde la posición media de rodillas, 121
  desde la silla, 150, 151
Incremento del rendimiento, 49 ss, 54 ss
  a través del ejercicio, 60 ss
  a través del entrenamiento, 62 ss
Inercia, 15, 307
Inervación, 60, 183
Inervación muscular, 60, 183
Información al paciente, 95
Ingestión, 36
Inhalación compresión de aire positiva intermitente, 268 s
Inmovilización, 52
Inspección, 96
Inspiración, 227, 282
Inspiración bostezando, 252 s
  con estenosis nasal, 252
  contra resistencia, 269
  profunda, 270
Insuficiencia global respiratoria, 265
  insuficiencia parcial, 248, 265
Insuficiencia respiratoria, 226
Insuficiencia ventilatoria, 231 ss
  signos, 232, 239
Intensidad de la corriente, 362
Intensidad del estímulo, 40, 44 s, 70
  elevada, 72
  media, 72
Intermittent mandatory ventilation, 285
Interrupción de la respiración, 225
Intervalo de esfuerzo, 122, 126
Intervalo de pausa, 122
Intubación, endotraqueal, 283
Inversión, 108

IPPV, 284 s
Irradiación, 200
Irrigación de los pulmones, 231, 247
Irrigación muscular, interrupción, 63
Isocinesia, 66 ss
Jogging, 71
Juego de rodillos, 114, 130
Jugar al voleibol, trasferencia metabólica, 84
Julio, 365
Kilopascal, 310
Kilopondio, 81, 311
Klapp-Kriechen, 274
Lactato, véase Ácido láctico,
Lesión cerebral, adquirida, 200
Lesiones cerebrales traumáticas, 201
Levantarse en la cama hasta sentarse, 150
Ley de conservación de la energía, 20
  aumento, 61
  empleo de energía, 38 ss
  medición, 37
Ley de Hagen-Poiseuille, 26
Ley de inercia de Newton, 15 s, 361
Ley de Newton, 15 s, 361
Ley del efecto de la fuerza, 16
Ley del efecto recíproco, 16
Ley del equilibrio, 307
Ley del movimiento, 299
Lifting, 274
Límite de función, 91
Límite de resistencia, 55 s
Límites de rendimiento de resistencia, 55 s
  desde el punto de vista de la medicina laboral, 56
  determinación, 56
  entrenamiento de resistencia, 71
Limpiaparabrisas, 318
Línea de gravedad, 99
Líquido, 21 ss
Lóbulos pulmonares, 248
Locomoción refleja de Votja, 201 ss
  principio, 202 s
  resultado, 203
Longitud, 362
Lordosis del cuello, reducción, 116
Malestar, 192
Manejo, 361
Marcha, 72
Marcha a saltos, 157
Marcha en cuatro tiempos, 157 s, 165 ss
  subir escaleras con pasamanos, 162 s
    sin pasamanos, 165
Marcha en dos tiempos, 157 s
  subir escaleras, 162 s
    sin pasamanos, 162
Marcha en tres tiempos, 157 s, 161
  subir las escaleras, 163
    sin pasamanos, 166
Mareo, 192
Masa, 307 s
  definición, 14
  inerte, 308
  pesante, 307 s
Masa específica, 310
Masaje, 13
  bajo el agua, 22
  favorecimiento de la respiración, 273
Máscara PEP, 267 s
Mascarilla de extracción de secreciones, 268
Máxima potencia de flujo respiratorio, 231
Maximal voluntary contraction, 57
Máximo de fuerza, excéntrica, 66
Mazas ligeras, 121
Mecánica, 14
  de la respiración, 226
  de los líquidos, 23 ss
  del movimiento muscular, 31 s
Mecanorreceptor, 196
Medicina física, definición, 153
Medición de fuerza, 81
Medición de rendimiento, 81 ss
Medición del contorno del tórax, 242
Medios de apoyo, aprendizaje de la marcha, 157
Mesa de suspensión, 115, 133, 214 s
  fundamento, 215 s

juego de rodamiento, 137 ss
objetivo del tratamiento, 214
poleas, 215
punto de suspensión, desplazamiento, 215
suspensión en un punto, 215
técnica de estabilización, 217
técnica de movilización, 216
técnica de tratamiento, 216 s
Metabolismo muscular, 188
Metatarsiano del dedo gordo del pie, 170
Método,
de Cyriax, 207 s
de repetición, 65
de tratamiento de McKenzie, 208 s
neutral-nulo, 96
Sustained-Maximal-Inspirations, 264
Miofibrillas, aumento, 46
Miogelosis, 49
Miopatía, 231
Modelo de parada, anormal, 200
Modelos de movimiento, 195, 197, 261
Modo de tratamiento de desarrollo neurológico, 200
Momento de giro, 19, 310
Montar en bicicleta, empleo de energía, 38
en forma de resistencia continuada, 139
en forma de resistencia intermitente, 139
Motivación, 95, 192
Motoneuronas, 55
Motorfitness, 54
Motricidad, 97
cotidiana, 191
de apoyo, 55, 63
de objetivo, 55
del movimiento, 55
Movilidad, 29 ss
Movilidad de la articulación, técnicas de exploración, 191
mejora, 296
reconstrucción, 206
Movilidad de la columna vertebral, 273
Movilidad de las costillas, limitada, 235
Movilidad del tórax, 240
Movilización, 53
adaptaciones reactivas, 75
de apoyo, 205
mesa de suspensión, 216
Movilización de articulación, 183
Movilización del tórax, 273 ss
Movimiento, 14 ss, 107 ss
acelerado, 18
aislado, 108
contra resistencia, 132 ss
apoyo, 46, 108 ss
técnicas, 109
y parada, 147 s
avanzando, 17
combinado, 17
complejo, 108
apoyo, 114 s
contra resistencia, 138 ss
libre, 114
y parada, 148
contra resistencia, 76, 149 ss
en forma continuada, 74, 139
definición, 130
formas, 130
de espiración, frenado, 237
de la pelvis al caminar, 153
de la pierna, 153
definición, 17, 107 ss
desacelerado, 18
en el agua, 23, 27, 287 ss
duración de la estancia, 288
empuje, 292, 295
espontáneo, 55
libre, 114 ss
con aparatos móviles, 120
definición, 114
en forma continuada, 74, 121
en forma de resistencia intermitente, 122 ss
cantidad de estímulos, 123
duración de la pausa, 123
formas, 124
pausa de recuperación, 123

técnica, 124 ss
posición de salida, 115
sin aparatos, 115 s
sobre aparatos fijos, 121
y parada, 148
en forma de resistencia continuada, 129
concentración en el cuerpo, 198
rápido, 124 ss
efecto, 126
extensión, 29
flexión, 29
fundamentos anatómicos, 27 ss
fundamentos físicos, 14 ss
girando, 17, 29
mecanismo de autocontrol, 131
pasivo, 45, 185 ss
concentración en el cuerpo, 167
efecto, 182 ss
posición inicial, 288
contraindicación, 288
corriente, turbulenta, 297
decúbito prono, 293, 338
decúbito supino, 289
ley de acción y reacción, 299
movimiento rotatorio, 294
posición de natación, estabilidad, 293
posición sentada, 289
presión, hidrostática, 291
profundidad del agua, 288
reacción de equilibrio, 298
resistencia a la corriente, 296
sistema cardiocirculatorio, 292
temperatura del agua, 288
tratamiento en agua en reposo, 291
psicología, 27 ss
rápido, 125
respiratorio, 238
abdominal, 225, 233
técnica, 130 ss
efectos en el aparato locomotor, 183
en el sistema cardiovascular, 189
en el sistema neuromuscular, 183 ss
sobre piel, 182
terminología, 106
tolerancia, 117
uniaxial, 29
uniforme, 17, 35
y parada, 77, 139, 147 s
apoyo, manual, 147
en mesa de suspensión, 148
juego de rodillos, 147
contra resistencia manual, 149
definición, 147
Movimiento de bisagra o charnela, 29
Movimientos respiratorios, paradójicos, 225, 232
asimétricos, 225
aumento, 250
percepción, 194
torácicos, 225
Mucoestasis, 279
Mucolítica, 279
Mucoviscidosis, 224
posición de drenaje, 246
posición del cuerpo, terapéutica, 273
terapia de inhalación, 277
VRP 1, 266
Muelle elástico, 138
Musculatura de espiración , 227, 253 s
Musculatura del tronco, 63
débil, 149
Musculatura tibial, 149
Músculo peroneo, 138
Músculos, aductor corto (menor), 32
bíceps braquial, 31, 110
braquial, 110
braquiorradial, 110
cuádriceps femoral, 109, 115, 149
desarrollo de fuerzas, 67
cuádriceps lumbar, 227
deltoides, 112
dorsal ancho, 227
elevador de las costillas, 227
erector de la columna, 104, 116, 148,
escaleno, 227
esternocleidomastoideo, 227

glúteo, mayor, 115, 148
medio, 111, 116
menor, 111, 116
iliocostal, 264, 277
cervical, 261
infraespinoso, 112
intercostal, externo, 227
interno, 227
interóseos dorsales, electromiograma, 82
oblicuo del abdomen externo-interno, 264
internos, 227
pectoral, mayor, 227
menor, 227
psoasilíaco, 104, 117
recto del abdomen, 148, 227
redondo menor, 112
serrato, 227
subcostal, 227
transverso del tórax, 227
trapecio, 227
tríceps sural, 115
Músculos abdominales, 149
debilitada, 117
Músculos de ayuda respiratoria, 227, 235
Apoyo, 238
Enfermedades obstructivas de los pulmones, 234
Músculos de la pierna, débiles, 150
Músculos espiratorios, 227, 254
Músculos inspiratorios, 225, 227
capacidades, 237
entrenamiento de fuerza, excéntrico, 254
Músculos intercostales, 225
examen, táctil, 236
insuficiente, 235
Músculos respiratorios, 227
activación, 241
capacidades, 237
encuesta para diagnóstico,
evaluación, 239
examen visual, 235
fallo, 235
fatiga, 227, 236
táctil, 236
MVC, véase Máximal voluntary contraction.
Nadar, 299
empleo de energía, 38, 84
Neumonía, 53
hipostática, 247
posición de drenaje, 246
Neumotórax, 260
Neumotórax espontáneo, 269
Nitrógeno, 24
Nódulos pulmonares, 260
Núcleo pulposo, ampliación, 208
Observación, 96
Obstrucción de las vías respiratorias, 234
Obstrucción, 186 s
Olfatear, 237, 252
Olisquear, 252
Ondas sonoras, 13
Órganos del abdomen, examen, 97
Ortopedia no quirúrgica del Dr. J. Cyriax, 207 s
Ortopnea, 266
Osteoporosis, 45, 317
Overflow, 198
Oxígeno, 22
Palanca, 16
Palos de gimnasia, 120
Palpitación, 96, 192
Parada en posición erecta, 212
normal, 142
relajada, 105
Paradoja de Bernouilli, 26
Paralización transversal, 272
Parámetro, 308
Parámetros de la circulación, modificación, 77 s
Parámetros de la respiración artificial, 284
Pared del tórax, fuerza, elástica, 262
Pattern, véase Modelos de movimiento.
Pausa, 56 s
activa, 122
compensatoria, 57, 122

completa, 57, 122
de recuperación de estímulo, 40
incompleta, 57, 72, 122
pasiva, 122
real, 57
Peak-Flow, 231
Pelota, 117
Percepción del cuerpo, 69
desarrollo, 186
enseñanza, 95
posición de extensión, 245
Percepción del movimiento, 186
Percepción, movimiento de respiración, 194
selectivo, 192
sensorial, 189
Percusión (véase también Clapping), 231, 246
endógena, 365
Pérdida de identidad, 89
Pérdida de motivación, 58
Pérdida del conocimiento, síncope tusígeno, 260
Perfil parabólico de velocidades, 25
Perfusión, 231
Pie, movimiento, pasivo, 170 s, 173
Pierna, serie de movimientos con movimientos rápidos, 125 ss
contra resistencia, 136 ss
de pie, 125 ss
elevación, 116
posición elevada, 187
proceso de extensión, 115
Piernas estiradas, 99
Plano, 27 s
Plano sagital, 27 s
Planta del pie, presión, 148
Pleuritis, 224
Poliomielitis, 233
Polipasto, 215
Posición, 167 s
definición, 167
técnica, 168 s
efecto, en el aparato locomotor, 183
sobre la piel, 182
en el sistema cardiovascular, 189
en el sistema neuromuscular, 183
Posición C, 280
Posición corporal, 98
que favorece la respiración, 238
efecto, 241
transición, 150 ss
Posición de apoyo doble, 155
Posición de cochero, 238, 243
modificada, 238, 243
Posición de drenaje, 246
contraindicación, 246
eliminación de secreciones, 281
língula, 248
lóbulo inferior, 248
lóbulo medio, 248
lóbulo superior, 248
Posición de extensión,
eliminación de secreciones, 281
modo de actuar, 242
tensión, 242
terapia de respiración, 242
Posición de extensión de espaldas, 242
decúbito supino, 99
girar hacia posición de decúbito prono, 115 s
incorporarse hasta sentarse, 115, 194
levantarse en la cama hasta sentarse, 150
Posición de extensión de pecho, 242
Posición de extensión en giro, 242
Posición de extensión lateral, 242
Posición de marcha, 106
Posición de natación, estabilidad, 293
Posición de portero de fútbol, 238, 244
Posición de reposo de respiración, 227
Posición de salida, 98 ss
definición, 98
estable, 99
inestable, 99
Posición de sentado sobre los talones, 102, 115 ss
Posición elevada, 168, 218

Posición erecta, 104 s
posición normal, 105
postura sentada con las piernas separadas, 105 s
Posición erguida, 143
Posición lunar, 280
Posición media de respiración, 227
Posición recta, 235
Posición sentada en el agua, 289
Posición sentada con las piernas estiradas, 101
Posición sentada con las piernas separadas, 101
Posición talones-codos, 238, 243
Posiciones de los brazos, 100
Positive endexpiratory pressure, 287
expiratory pressure, véase Respiración PEP.
Postura de pie, 98, 101 ss, 122, 141
Postura de apoyo de Brunkow, 144
Postura erecta de puntillas, 126
Postura sentada con las piernas cruzadas, 102
Práctica de las posturas, 89
Preguntas al paciente, 96
Preparación al parto, 224
Preparación de energía, 36 ss
Aerobia, 36
Anaerobia, 36
Presa cutánea, 242, 270
Presa de estímulo respiratorio, 270
Presión, 197
elevación intraabdominal, 63
elevación intratorácica, 63
disminución, 261
hidrostática, 21 s, 291
transpulmonar, 265
unidades de medida, 309
venas cerebrales, aumento, 64
Presión alveolar, 226
Presión de dióxido de carbono, arterial, 262
Presión de espiración, positiva, 268
Presión del aire, 25
Presión en la haltera, 76
Presión gaseosa, 23 s
Presión gravitatoria, 22
Presión parcial, 23 s
Presión parcial de dióxido de carbono, arterial, 229
Presión parcial de oxígeno, 229, 248
Presión respiratoria, positiva, continua, 286
Presión sanguínea, ascendente, 68 s
sistólica, aumento, 47, 63, 125,
Primera falange del dedo pequeño, movimiento, pasivo, 171
Principio de Arquímedes, 22
Principio de convergencia-divergencia, 89
Proceso de autocuración, 42
Profilaxis de la contractura, 169
Profilaxis de la corteza pleural, 267
Profilaxis de la neumonía, 224, 247
ampliación del espacio muerto, artificial, variable, de Giebel, 262
Profilaxis del decúbito, 168
Pronación, 108, 176
Propioceptor, estimulación, 195 s, 203
Protección de la articulación, 213
Provocación tusígena, 260
Prueba de reacción a los estímulos, 96
Psicología del comportamiento, 305
Psicomotricidad, 305
orientada clínicamente, 222
Pulmón, fuerza de reacción, elástica, 228
Punto, fijo, 31
móvil, 32
Punto central de volumen, 308
Qi gong, 220
Queloide, 49
Rapidez, 54, 212
Reacción, 16, 41
asociada, 201
Reacción de equilibrio, 46, 200
movimiento en el agua, 349 s
Reacción de exigencia excesiva, general, 43
local, 43
Reacción no deseada, 49

Reacciones de posición, 200
Reacciones excesivas, 49
Receptor tusígeno, 258 s
Receptores articulares, estimulación, 196
Recuperación, 43, 57
Reducción del dolor,
  concepto Maitland, 209
  mesa de suspensión, 214
  método de actuación de Cyriax, 207
  movimiento en el agua, 296
  terapia manual 206
Reestiramiento, 196
Reflejo de posición, 46
Reflejo para el mantenimiento de la postura, 46
Reflejo tusígeno, 259
Regla de Arndt-Schulz, 44
Regla de Henry, 24
Regulación, 361
Regulación de la circulación, 47
  mejorada, 189 s
  reacción, 48
Regulación de la temperatura, 88
Regulación del movimiento, 35 s
Regulación ortostática inmediata, 47
Relaciones de ventilación-irrigación circulatoria, trastornadas, 247 s
Relajación,
  mesa de suspensión, 214
  movimiento en el agua, 295
  posición de extensión, 245
  principio, 191
Relajación muscular, elevada, 208
  disolución, 193
Relajación postisométrica, 68
  progresiva de Jacobson, 193, 218
Rendimiento, 16, 48
  automatizado, 49 s
  biológico, 84, 308
  circulatorio, 48
  construcción, 51
  de los movimientos, 88
  definición, 50
  del enfermo, 51 s
  del sano, 52
  diario, 51
  físicamente, 84 s
  unidades de medida, 364
Repetición de los entrenamientos, 43
Reposición de líquidos, 39
Reposo, 193
Reserva de rendimiento, 50
Resistencia, 54, 131
  aeróbia, 46 s
  general, 69
    aeróbia, 48, 80
      elevación, 69
      ejemplo de entrenamiento, 80 s
    dinámico, 74, 189 s
  anaeróbio, 47
  límites de rendimiento de resistencia, 56
  introducción, 212
  formas, 69
  locales, 69
Resistencia de larga duración, 71
Resistencia de las vías respiratorias, caída, 245
Resistencia del tejido, reducción, 245
Resistencia física continuada, 140
Respiración, 97, 223
  botella, 269
  encuesta para diagnóstico, 239 ss
  movilización del tórax, 273
  respiración espontánea, 282
Respiración asistida, 285
  mecánica, 282
    aplicación, 283
    control, 287
    controlada, 284
    deshabituación, 287
    respiración en contra, 284
Respiración bronquial, 226
Respiración de oruga, 255
Respiración de presión parcial de dióxido de carbono, 262
Respiración espontánea, 282

Respiración, frecuente, 145
con la botella de agua, 269
Respiración PEEP, 285
Respiración posterior, 145
Respiración vesicular, 226
Respirador, 282
Respuesta de estímulo, (véase tambien Reacción).
disminución, 42
elevación, 42
Restitución del entrenamiento, 213
Restricción, 234
Resultado aceptable, 91
máximo, 91
Resultante, 19
Retención de anhídrido carbónico, 232
Retención de secreciones, 260
Riego sanguíneo vascular, 47 s
Ritmo del movimiento, 353
Ritmo respiratorio, 229, 239
Rodar balón, elástico, 125
Rollos calientes, 281
Rotación, 29, 115
Rotación del tronco, 200
Rotación externa, 107
Rotación interna, 107
Rotura por cansancio, 45 s
Rozamiento, 18 s, 27
de deslizamiento, 18 s
de rodadura, 18 s
externo, 18, 27
interno, 18, 27
Rozamiento estático, 81
Ruido respiratorio, 226
Ruidos respiratorios accidentales, 226, 239
húmedos, 226
secos, 226
Sacudidas, 271
concentración en el cuerpo, 194
eliminación de secreciones, 281
Salto, 126
Secreción bronquial, 277
Secreción pulmonar, 233
Secretomotores, 279
Secreto-mucolíticos, 276, 279
Seguridad, 191
Sensación de parada, enseñanza, 142
Sensación de peso, 145
Sensación de tensión , 145
Sensación de la situación, 145
Sensaciones del cuerpo, aprendizaje, 145
Sensibilidad, 97
Sensibilidad eléctrica, 96-97
Sensibilidad profunda, 221
Sensibilidad superficial, 221
Sensomotricidad, 305
Sensorio, 97
Sentado, en un taburete, 101
sentado, 92, 97 ss, 151
sobre balón terapéutico, 101
sobre una silla, 101
Serie de movimiento, 124
el brazo contra una resistencia, 136 s
extremidad, 124 s
la pierna en posición erguida, 126
contra resistencia, 137 s
tronco, 125 s
Shunt derecha-izquierda, 248
Signo de Hoover, 225
Signo de Trendelenburg, positivo, 156
Silla, 121
Simpatía, 195
Simpaticomimético, 276
SIMV, véase Synchronized intermittent mandatory ventilation SI-System, 362
Síncope, 64
Síncope tusígeno, 260
Síndrome de Caisson, 24
Síndrome de respiración nerviosa, 224, 235
Síndrome hipercinético, 190
Sistema cardiovascular,
fisioterapia-efecto, 189 s
mecanismos de adaptación de rendimiento creciente, 190 s
Sistema circulatorio, 26 s
Sistema circulatorio de los pulmones, 27

redistribución sanguínea, 167, 247
Sistema Cybex, 66 s
Sistema neuromuscular,
efecto de la fisioterapia, 122 ss, 183
estímulo, específico, 46 ss
examen, 97
Sistema Pari-PEP, 268
Sistema urogenital, 97
Situación de parada, 140 ss
articulación de la rodilla, 142
bajo concentración en alternancia con la tensión, 145 s, 193
contra resistencia manual, 143 s
contra resistencia en partes fijas, 141
del entorno, 143 s
la fuerza de la gravedad, 141
definición, 141
efecto en el aparato locomotor, 183
en el sistema neuromuscular, 183
sobre el sistema cardiovascular, 189
sobre la piel, 182
en porcentaje de la fuerza máxima, 76, 141
en posición de decúbito lateral, 143 s
en posición de decúbito supino, 153
mediante tensión de determinados grupos musculares, 141
terminología, 106
Situaciones de reacciones parasimpáticas, simpáticas, 42
trofotropa, 192
Slow-twitch-fibres, 55, 227
SMI, véase Sustained-Maximal-Inspirations-Methode.
Sobreactividad, 222
Soluciones, 276, 279
Soplar un molinillo de viento, 254
Soplar bolitas de algodón, 254
Spirómetro incentivo, 264 ss
Steady state, 55 s
Subir escaleras, 66, 127, 156 s
articulación de la rodilla, diafragma, 225, 227
empleo del trabajo, energético, 127
Sudor, 39
Suma del pulso de recuperación, 57
Superficie de apoyo, 99
Supercompensación, 43
Supinación, 107, 176 s
Surfactantes, 278
Suspensión, 105 s, 100
Suspiro, 235, 237, 332
Synchronized intermittent mandatory ventilation, 285
Tablilla de gomaespuma, 167
Tacto, 197
Taquipnea, 232
Técnica,
definición, 167
pasiva, 167 ss
Técnica de Brunkow, 20 ss
indicación, 203
Técnica de espiración, 253
para niños, 254
Técnica de fonación, 253
Técnica de inspiración, 250
aeróbia, 46
anaeróbia, 46, 56, 73
Técnica tusígena, 260
disminución de la presión, intratorácica, 261
eliminación de secreciones, 281
freno labial, dosificado, 255
Técnicas de relajación, 218 ss
Técnicas de respiración, 250
combinada, 256
con aparatos, 262
manual, 269
resultado, 282
Tejido cartilaginoso, 45
Tejido conjuntivo, reacción no deseada, 49
estímulo, específico, 45
Tejido de sostén, 44 s
Tejido óseo, 44
consecuencia, 183
estímulo, específico, 44

reacción, 49
Telerreceptor, estimulación, 318
Temperatura, 310
Tendencia al colapso, 47, 192
Tendomiosis, 205
Tensión, 145, 196
Terapia manual, 206 s
Tensión muscular isométrica, 68
Teoría cinética de los gases, 23
Terapia de grupo, 302
efecto terapéutico, 304
número de participantes, 304
Terapia de inhalación, 224, 276, 279
combinación respiración PEP, 267
forma de aplicación, 276
indicación, 277
resistencia, 277
Terapia de resolución, 218, 221
Terapia de respiración, 218, 223
cambio de posición, 247
clapping (golpeteo), 270
concepto FNP, 269
contraindicación, 273
definición, 224
eliminación de secreciones, 214
evaluación en fisioterapia, 233 ss
indicación, 224
medidas de apoyo, 224
modelo de aprendizaje sensomotor de Ungerer, 60
movilización del tórax, 273
posición de drenaje, 246
posición de extensión, 242
posiciones corporales que favorecen la respiración, 238 ss
postura tumbado, 169
preparación, 273
presa cutánea, 270
sacudidas, 271
seguir respirando en trabajo de parada, 274
terminología, 214
vibraciones, 271
Terapia manual, 206
Tercera falange del dedo gordo, 170
Termoterapia, 224
Test de Tiffeneau, 267
Texto básico, 251
Texto de aprendizaje, 251
Tiempo, 311
Tipo de reacción, 41
Toma de oxígeno, 362
máxima, 77
Tono muscular, 23, 36
aumento, 192, 295
disminución, 186
regulación, 183
Toracotomía, 226
Tórax, reserva de movimiento, 236
Tos de estímulo, amortiguación, 261
Toser, 237, 300
complicación, 260
deformación de la sección traqueal, 260
fase de compresión, 259
fase de expulsión, 259
fase de inspiración, 259
fase de irritación, 259
improductiva, 261
Trabajo, 16, 237
definición, 20
ligero, 51
medio, 51
unidades de medida, 311
Trabajo de aceleración, 20
Trabajo de parada, 75
mejora, 186
Trabajo de presión, 20
Trabajo motor, 191
Trabajo respiratorio, 225, 234
Trabajos, no verbales, 200
con un objetivo, 201
Tracción, 181 s
con aparatos, 181
definición, 181
efecto en el aparato locomotor, 183
en el sistema cardiovascular, 189

sobre el sistema neuromuscular, 183
sobre la piel, 182
manual, 181
Tranquilidad, 193
Transcurso del movimiento, 114, 305
automatización, 60
Transferencia metabólica, 83
Transmisión, 70
Transmisión de la presión en todas direcciones, 22
Transtornos del movimiento, 89
cerebral, 106
dolorosos, 210
Trapecios, 121
Traqueotomía, 283
Traslación del centro de gravedad, 126, 147
Trastorno de percepción, 203
Trastorno de la función, 89 s
Trastorno de la ventilación, obstructivo, 234
restrictivo, 234
Trastorno del comportamiento, 222
Trastorno del ritmo, 64
Trastornos del movimiento respiratorio, 224
Tratamiento en agua en movimiento, 296
concepto Maitland, pasivo, 209
en el agua en reposo, 291
nadar, 299
Travesaños redondos, 121
Trombosis, 27, 55
Tromboprofilaxis, adaptaciones reactivas, 75
Empuje, 138
Tronco, serie de movimientos, 179
Trote, 130
Tubo, 284
Tubo respiratorio, 262
Tumor pulmonar, 234
Turbulencia, 25, 27, 297
Umbral aeróbio-anaeróbio, 56, 70, 80
Umbral del estímulo, 40 s
Unidad motriz, 34 s
placa terminal, 34
Unidades de medida, 309
derivadas, 310
Unión de la respiración y el movimiento, 274
Uso de los músculos abdominales espiratorios, 234
Utilización, 91
Utilización del oxígeno, 47, 78
Vagolítico, 276
Vagotonía, 73 ss, 79, 192
Valores de gas en la sangre, 229
Vario-Resistance-Pressure, 266
Vasos linfáticos, estímulo adecuado, 48
Vatio, 82, 311
Vector, 80
Velocidad, 311
Velocidad de la corriente, 26 s
Vena, estímulo, adecuado, 48
Ventilación, 225 ss, 232
Ventilación con presión positiva intermitente, 321 s
Vértebras cervicales, suspensión, 217
Vértebras dorsales, suspensión, 217
extensión, 299
Vértebras lumbares, suspensión, 217
cifosis, 117
extensión, 299
hiperlordosis, 120
movilización en agua, 290
Vertical de gravedad, 104, 106
Vía respiratoria, 238
Vibraciones, 246, 271, 281
Viscosidad, 25
Viscosidad de la sangre, 26
Voldyne 5000, 265
Volumen, 365
Volumen de espiración forzada en un segundo, 229
Volumen de reserva espiratoria, 229
Volumen de reserva inspiratoria, 230
Volumen minuto cardíaco, pérdida, 64
aumento, 77, 189
Volumen minuto respiratorio, entrenado, 78 s
Volumen pulmonar, 230

capacidad total, 231
dinámico, 230
estático, 230
Volumen respiratorio, 229, 284
Volumen respiratorio minuto, modificación, 78 s
Aumento, 232
Voluntad de llevar a cabo el rendimiento, 50
VRP-1, 312, 267
contraindicación, 267
indicación, 267
Yoga, 219 s

Gobierno de La Rioja
BIBLIOTECA DE LA RIOJA
10000274818

fisioterapia

descripción de las técnicas y trat

La fisioterapia como parte integrante de una terapia física usa el movimiento para fines curativos. El tratamiento fisioterapéutico tiene como misión, además de la mejora de los trastornos funcionales del organismo, el incremento de la resistencia de los enfermos, la prevención de una disminución del rendimiento y el mantenimiento de las capacidades, incluso si están limitadas por trastornos irreversibles de los órganos.

Este manual trata, en una primera parte, los fundamentos de la fisioterapia (el movimiento, el rendimiento y su incremento, el concepto de función), para luego pasar a las técnicas. Los procedimientos propuestos son técnicas fisioterapéuticas especiales para los enfermos, formas dosificadas de los ejercicios deportivos y gimnásticos para personas sanas y series de movimientos que se desarrollan durante un día normal. Se han tomado los principios de aprendizaje, ejercicios de entrenamiento del desarrollo corporal, deporte y medicina deportiva buscando un incremento progresivo del rendimiento sin perjuicio físico. Asimismo, cuando resulta necesario se combinan otros procedimientos de la terapia física para ampliar el tratamiento entre los que se incluyen los masajes, la electroterapia y la hidroterapia, entre otros.

ISBN: 84-8019-667-X
9 788480 196673